
112年農村水保嘉年華

水土保持防砂設施 減碳策略研擬計畫

計畫主持人：詹勳全

中興大學水土保持學系

109年 10 月 14 日



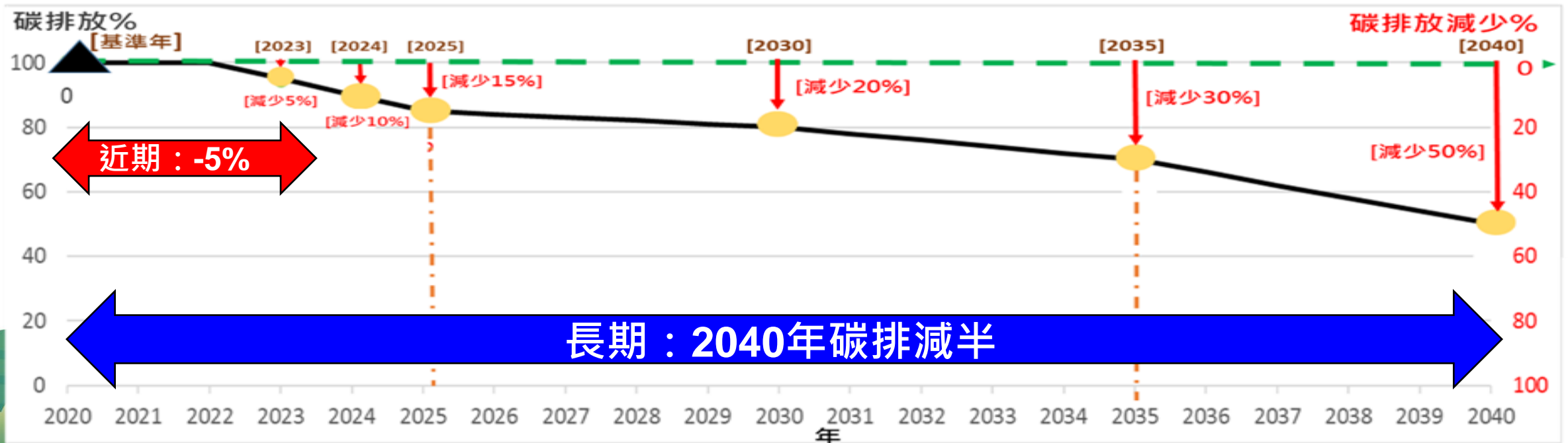
前言

- 因應全球暖化與極端氣候之衝擊並永續發展，政府明訂各機關需進行**碳排盤查**、**管控**和**減碳作業**，進而達成**2050年淨零排放**目標。
- 2023年9月環境部修正發布「**溫室氣體排放量盤查登錄及查驗管理辦法**」，每年4月30日前完成**溫室氣體排放量清冊及盤查報告書**登錄。



前言

- 因應淨零排放目標，農村發展及水土保持署於2022年「水土保持防砂設施減碳策略研擬計畫」，著手進行水土保持工程之碳排放研究，選取水保署的減碳基準年，進行減碳作業。



前言

- 「水土保持防砂設施減碳策略研擬計畫」依據ISO 14067：2018排放係數法建立三種水土保持工程碳排計算方法。



詳細價目表之
碳排精算



經費之
碳排估算



工程量體之
碳排估算



研究目的

- 一、持續精進碳排計算方法
- 二、協助工程減碳與碳排計算
- 三、減碳檢核與評估
- 四、後續發展與減碳策略



現勘後，
針對將興建的防砂設施，
進行工程量體估算

5

護岸高？ 護岸長？
施作體積？

工程碳排放估算方式評估

1. 精算：排放係數法(依據 ISO 14067:2018)
2. 估算：依預估經費、工程設施種類及數量估計

一、持續精進碳排計算方法

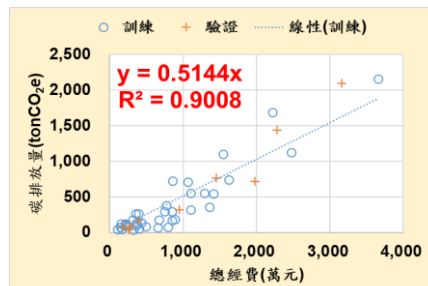
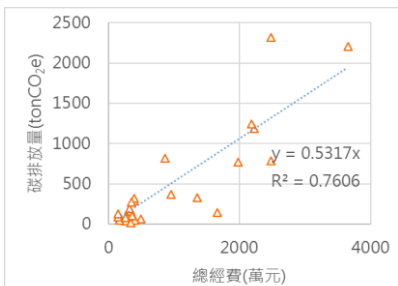
碳排計算法	詳細價目表之碳排精算	經費之碳排估算	工程量體之碳排估算
詳細價目表	✓		
設施數量表	✓		✓
工程經費	✓	✓	
			
估算方式	<ol style="list-style-type: none"> 1.準備工程的詳細價目表 2.收集與查詢水土保持工項的碳排係數。 3.逐一詳細計算與加總每個工程工項碳排，獲取該工程案的碳排放量。 	<ol style="list-style-type: none"> 1.收集不同類型的工程碳排放量數據 2.將工程經費和各工程碳排製成分布圖，獲取各類工程每萬元的碳排放量。 3.直接使用工程經費，代入已建立的回歸模式，直接推估碳排放量 	<ol style="list-style-type: none"> 1.收集多筆設施使用的材料種類和數量，並算出對應的碳排放量。 2.將設施碳排放量與單位量體的參數進行回歸統計。 3.透過工程量體的數據代入已建立的回歸模式，直接推估碳排放量
優點	本方法所獲得碳排兼具工程材料、施工和清理的資訊，具有精細、準確及涵蓋面廣的特點， 較為精準 。	能 快速推估 碳排放量，可作為 工程碳排的上限值 ，使工程在初期規劃自我審核，避免 碳排過量 的問題	能由工程設施的量體直接估算碳排，可 檢核工程設計的材料用量有無過量問題 。
精進	增加工程解算率。	增加工程案例，提高回歸方程式的決定係數。	擴增工程設施類型。

一、精進經費推估法 - 四種工程類型

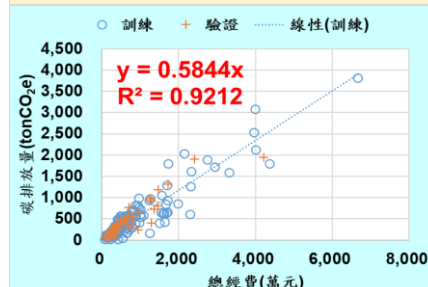
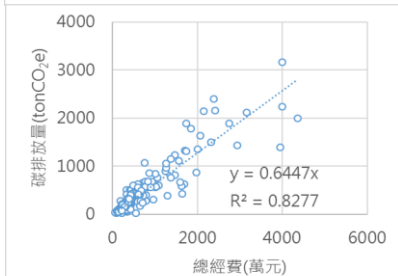
前期計畫

本計畫

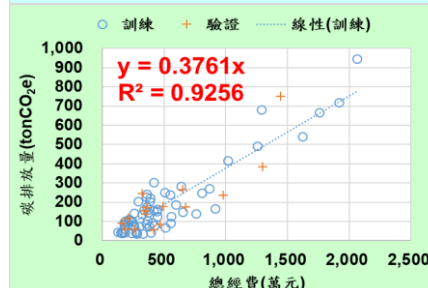
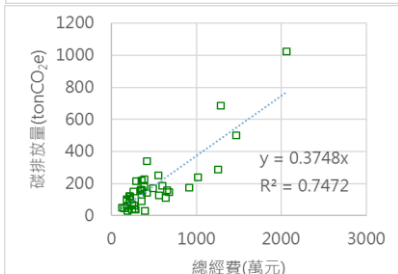
崩塌地處理



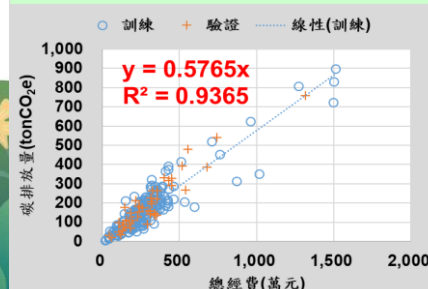
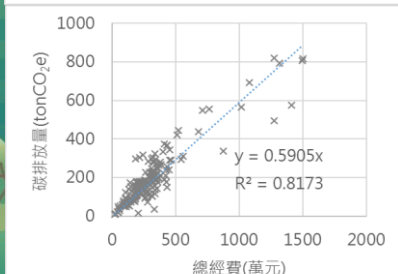
野溪治理



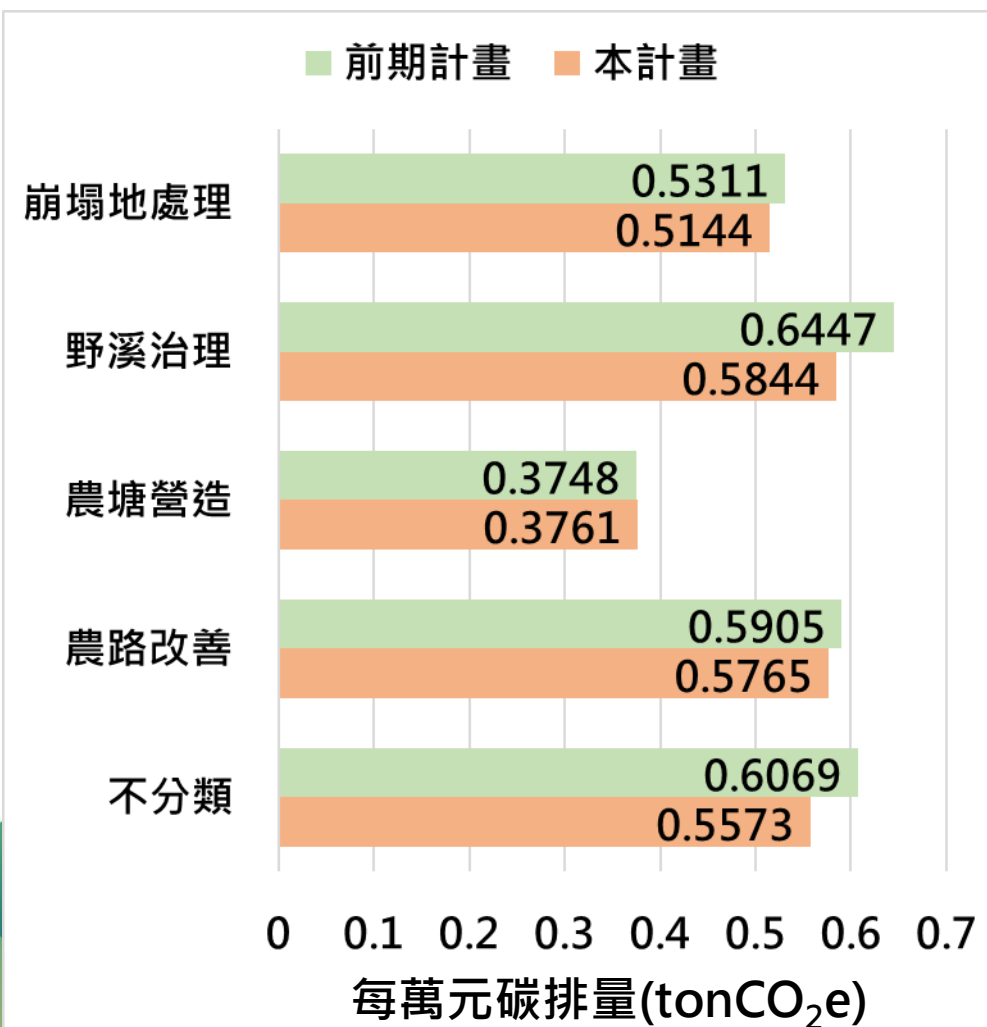
農塘營造



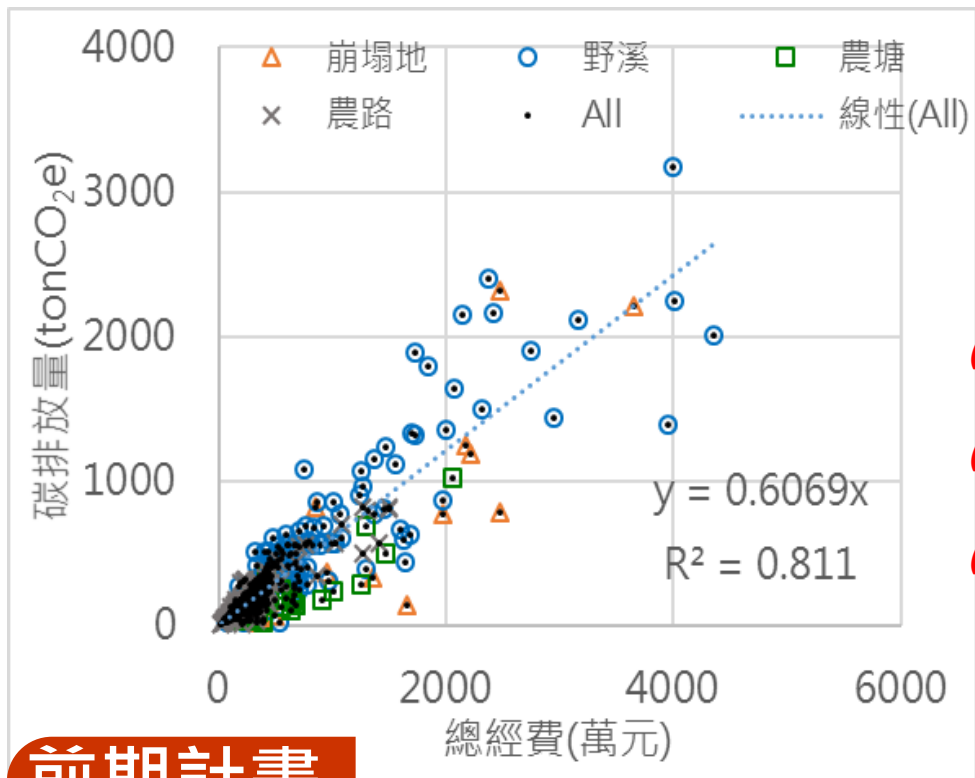
農路改善



以**前期計畫**的參數作為**減碳效益**基準值

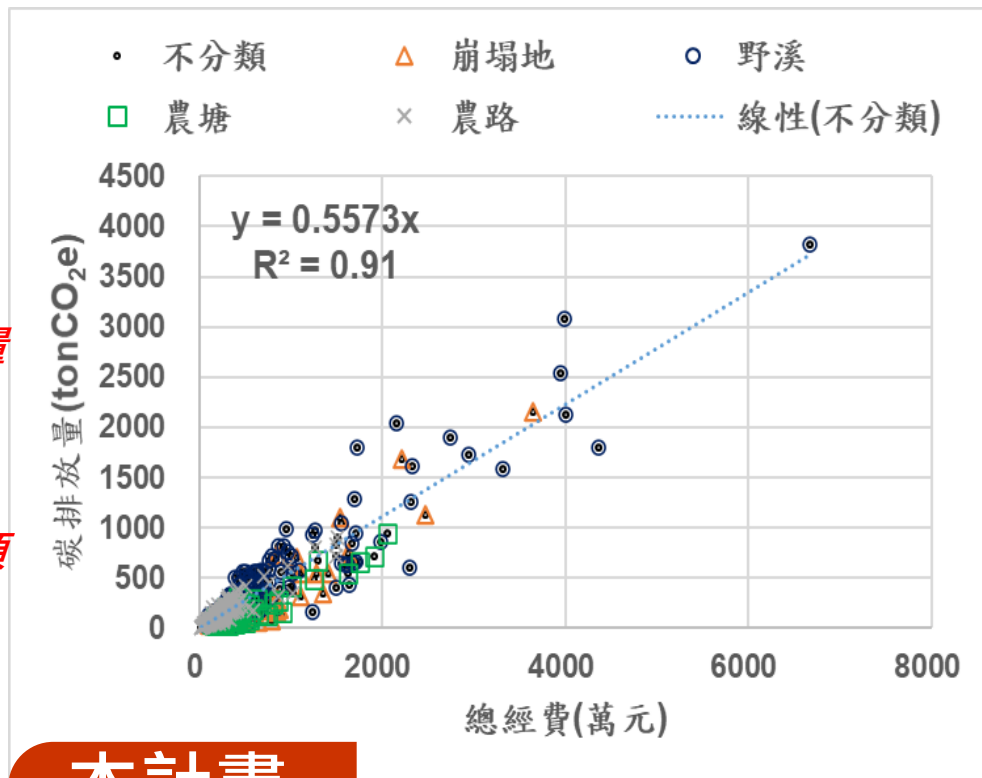


一、精進經費推估法 - 不分類工程類型



前期計畫

- ➔
- (1)提高分析數量
164筆
 - (2)工項解算率
增加2%
 - (3)排除特殊工項



本計畫

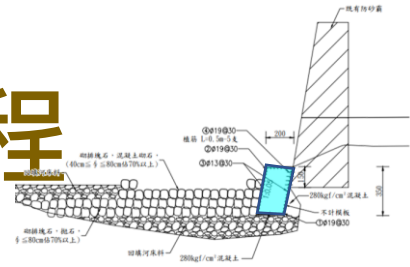
提供 **精準**、**高代表性** (39%取樣分析) 水保署專用之碳排計算模式。

擔任 **檢核員** 依據 **科學研究方法** 協助 **總署** 與 **分署** **品管減碳效能**、**達成減碳目標**

二、協助工程減碳與碳排計算-減碳增匯示範區

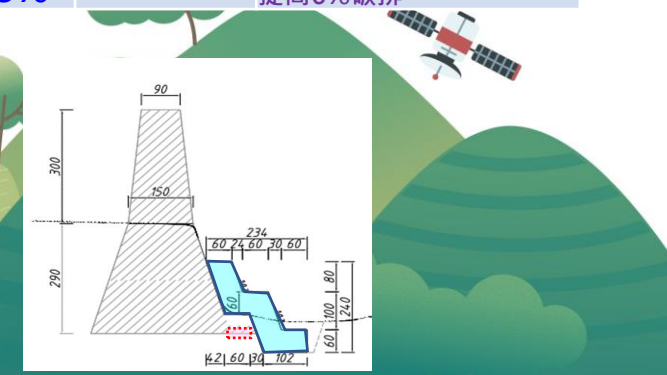
序	示範區	設計的改變	工法的改變	材料的改變	碳匯統計 (tCO ₂ e)	碳排精算、碳排上限(tCO ₂ e)	減碳效率% $1 - \frac{\text{減碳精算} + \text{碳匯}}{\text{碳排上限}}$										
減碳 1	 <p>種瓜坑野溪整治工程</p>	<p>保留基礎已乾砌石護坡加固</p> <p>既有護岸基礎臺隱蔽處理</p> <p>既有土方清除 既有護岸牆身打除</p> <p>坡度緩於 1:3</p> <p>級配回填</p>	<p>河床採用預鑄工法縮短工作時間</p> 	<p>砌排塊石</p> <p>嵌石階梯式固床工</p> 	<p>-20.722</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>類別</th> <th>儲存量 (tCO₂e)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>喬木200株</td> <td>6.424</td> </tr> <tr> <td>土壤</td> <td>14.298</td> </tr> <tr> <td>總計</td> <td>20.722</td> </tr> </tbody> </table>	類別	儲存量 (tCO ₂ e)	喬木200株	6.424	土壤	14.298	總計	20.722	<p>177.469</p> <p><</p> <p>732.998</p>	$1 - \left(\frac{177.469 - 20.722}{732.998} \right)$ = 1 - 0.2138 = 0.7862 = 78.62%		
類別	儲存量 (tCO ₂ e)																
喬木200株	6.424																
土壤	14.298																
總計	20.722																
減碳 2	 <p>大光段997等地號旁野溪整治工程</p>	<p>銜接既有構造物並融合地景</p> 	<p>採用預鑄生態槽塊吊放工法</p> 	<p>竹、木排樁</p> 	<p>-19.676</p>	<p>220.727</p> <p><</p> <p>598.756</p>	$1 - \left(\frac{220.727 - 19.676}{598.756} \right)$ = 1 - 0.3358 = 0.6642 = 66.42%										
減碳 3	 <p>畜試所恆春分所農塘旁農路改善工程</p>	<p>以階梯式固床工減少固床工建造數量</p> 	<p>以石籠工法取代傳統工法</p> 	<p>漿砌石</p> 	<p>0.000</p>	<p>193.919</p> <p><</p> <p>233.822</p>	$1 - \left(\frac{193.919}{233.822} \right)$ = 1 - 0.8293 = 0.1707 = 17.07%										
增匯 1	 <p>平興村大埤滯洪農塘改善二期工程(雙合窩)</p>	<p>保留濱溪植生，增加藍碳、綠碳碳匯</p> 	<p>太空包塊石護坡、砌石固床工</p> 	<p>木排樁護岸</p> 	<p>-219.659</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>類別</th> <th>碳匯量</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>綠碳碳匯</td> <td>15.89</td> </tr> <tr> <td>+ 藍碳碳匯</td> <td>168.80</td> </tr> <tr> <td>+ 黃碳碳匯</td> <td>34.97</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>219.66</td> </tr> </tbody> </table>	類別	碳匯量	綠碳碳匯	15.89	+ 藍碳碳匯	168.80	+ 黃碳碳匯	34.97	合計	219.66	<p>688.249</p> <p>></p> <p>660.028</p>	$1 - \left(\frac{688.249 - 219.659}{660.028} \right)$ = 1 - 0.7100 = 0.2900 = 29.00%
類別	碳匯量																
綠碳碳匯	15.89																
+ 藍碳碳匯	168.80																
+ 黃碳碳匯	34.97																
合計	219.66																

二、協助工程減碳與碳排計算-延壽工程

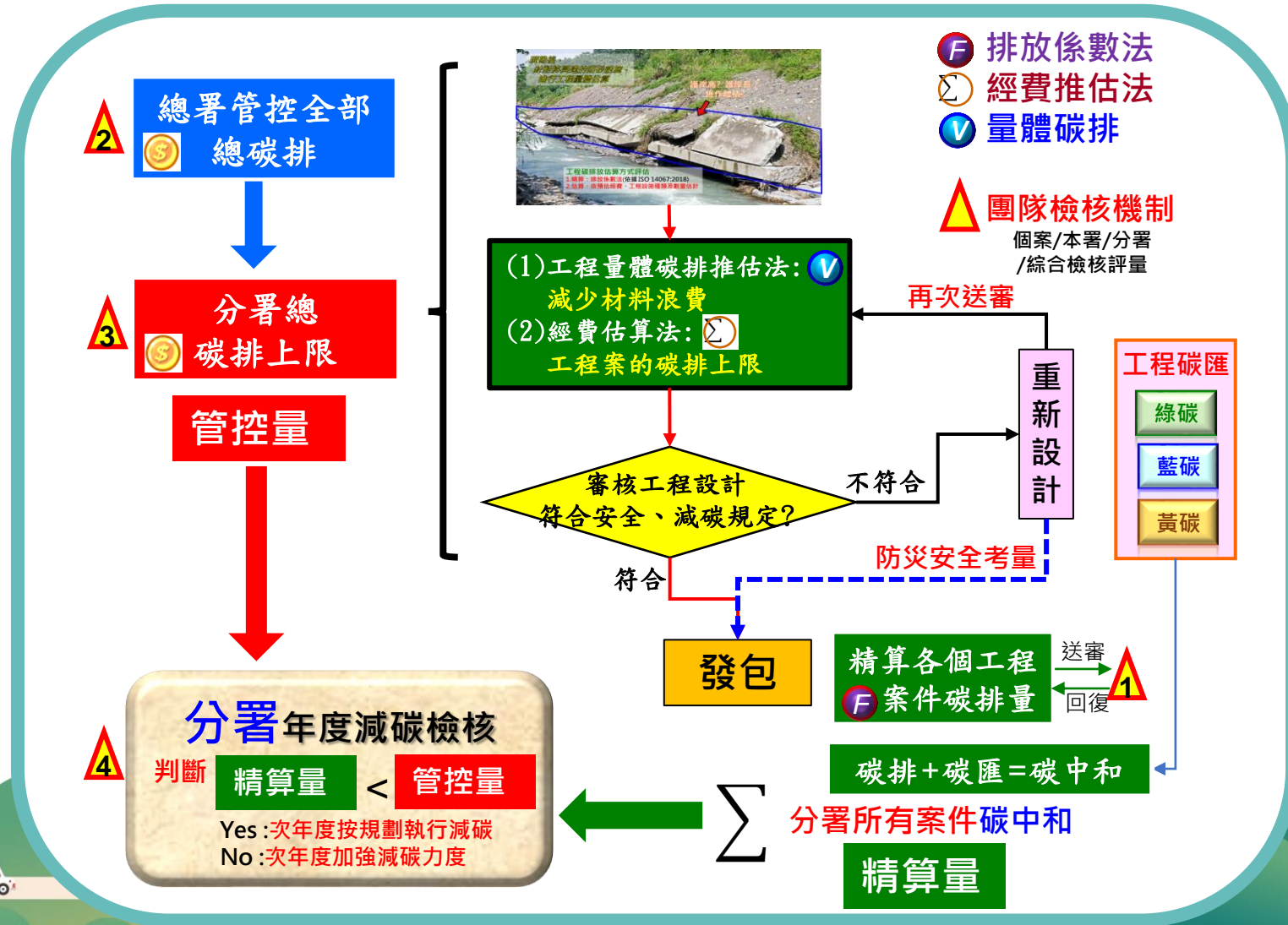


以防砂壩為例

序	工程項目	溢口改善	壩體加高	基礎補強	壩體表面包覆	原量體(m) H設施高/L設施長	修繕內容 (原量體比例)	減碳效率 %	備註
1	阿夜溪自然橋上游改善工程	V				H9 / L40.5	溢口打除後 回填混擬土8%	94.5	
2	玉峰2號野溪囚砂設施治理工程第一期	V				#2 H10 / L12 #1 H10 / L12	鋼管樁加高18% 混擬土增厚5%	93.6 91.4	
3	茄荖寮溪六期整治工程	V	V			H7.6 / L36	壩體加寬12.5%	89.8	
4	五福谷溪防砂壩加強工程	V		V		H5.9 / L40	基礎補強16%	88.1	
5	廊仔溪上游4K災害復建工程				V	H5.5 / L23	包覆範圍33%	87.0	
6	伊斯基安那溪四期工程			V		H12.3 / L55.5	基礎補強28.5%	76.9	
7	行懷橋下游野溪整治二期工程	V			V	H10.5 / L24.8	包覆範圍32.7%	51.8	使用350kg/cm ² 混擬土相對210kg/cm ² 提高16%碳排
8	庫濃溪防砂設施加強	V	V			重力式 H2.5 / L74.46	壩體增建45%	41.9	
9	庫濃溪防砂設施加強	V	V	V		扶壁式 H5.6 / L70	壩體提高15% 基礎補強38%	22.2	使用280kg/cm ² 混擬土相對210kg/cm ² 提高6%碳排



三、減碳檢核與評估-流程



三、減碳檢核與評估-本署

(*此為隨機抽樣分析結果，並非實際狀況)

序號	分署	類型	碳排係數 (tonCO ₂ e/萬元)	總經費 (萬元)	已計算的碳 排經費(萬元)	經費解算 率 (%)	已計算碳排 量(tonCO ₂ e)	經費推算未 知碳排 (tonCO ₂ e)	工程總碳 排(tonCO ₂ e)	經費推算工 程碳排量 (tonCO ₂ e)	許可碳排上 限(tonCO ₂ e)	碳排量差異 (tonCO ₂ e)	達標 評估	減碳效率 (%)
T01	臺北	崩塌01	0.5317	323.00	286.02	0.89	29.23	19.66	48.89	171.74	163.15	114.26	達標	70.03
T02	臺中	崩塌02	0.5317	166.00	159.41	0.96	42.96	3.50	46.46	88.26	83.85	37.39	達標	44.59
T03	臺北	崩塌03	0.5317	849.89	834.90	0.98	296.40	7.97	304.37	451.89	429.29	124.92	達標	29.10
T09	臺北	野溪01	0.6447	302.12	261.64	0.87	73.18	26.10	99.28	194.78	185.04	85.75	達標	46.34
T10	臺中	野溪02	0.6447	200.08	172.39	0.86	65.00	17.86	82.85	128.99	122.54	39.69	達標	32.39
T11	臺北	野溪03	0.6447	1,683.40	1,580.79	0.94	641.17	66.15	707.32	1,085.29	1,031.02	323.70	達標	31.40
T32	臺南	農塘01	0.3748	326.34	318.65	0.98	35.02	2.88	37.90	122.31	116.20	78.30	達標	67.38
T33	臺南	農塘02	0.3748	551.01	540.14	0.98	89.88	4.07	93.96	206.52	196.19	102.24	達標	52.11
T34	臺南	農塘03	0.3748	300.15	277.22	0.92	73.57	8.59	82.17	112.50	106.87	24.71	達標	23.12
T42	南投	農路01	0.5905	335.10	326.85	0.98	92.68	4.87	97.56	197.88	187.98	90.43	達標	48.10
T43	臺北	農路02	0.5905	257.59	246.75	0.96	81.70	6.40	88.10	152.10	144.50	56.40	達標	39.03
T44	臺北	農路03	0.5905	260.60	248.56	0.95	96.04	7.11	103.15	153.88	146.19	43.04	達標	29.44
總署	不分類		0.6069	28,604.81	26,856.55	0.94	14,336.61	1,061.02	15,397.63	17,360.26	16,492.25	1,094.62	達標	6.64

根據隨機取樣分析結果判定，總署在減碳計畫執行後，總碳排放量已達減碳5%目標(達標)，還有額外的減碳效率為 6.64%

三、減碳檢核與評估-水保分署&工程類型

(*此為隨機抽樣分析結果，並非實際狀況)

水保分署	樣本	達標數	達標率 %	不分類 碳排係數 (tonCO ₂ e/萬元)	總經費 (萬元)	已計算的碳 排經費(萬元)	經費解算 率 (%)	已計算碳排 量(tonCO ₂ e)	經費推算未 知碳排 (tonCO ₂ e)	工程總碳 排(tonCO ₂ e)	經費推算工 程碳排量 (tonCO ₂ e)	許可碳排上 限 (tonCO ₂ e)	碳排量差異 (tonCO ₂ e)	達標 評估	減碳效率 (%)
臺北	13	11	84.6	0.6069	6,852.20	6,458.53	0.94	2,378.84	238.92	2,617.75	4,158.60	3,950.67	1332.91	達標	33.74
臺中	13	2	15.4	0.6069	3,545.79	3,346.92	0.94	2,178.21	120.69	2,298.90	2,151.94	2,044.34	-254.56		-12.45
南投	12	3	25.0	0.6069	8,792.83	8,290.96	0.94	5,372.15	304.58	5,676.73	5,336.37	5,069.55	-607.19		-11.98
臺南	17	8	47.1	0.6069	7,861.88	7,471.68	0.95	3,411.40	236.81	3,648.21	4,771.38	4,532.81	884.60	達標	19.52
臺東	1	1	100.0	0.6069	191.75	183.68	0.96	83.10	4.90	88.00	116.38	110.56	22.56	達標	20.40
花蓮	4	1	25.0	0.6069	1,360.37	1,104.79	0.81	912.92	155.11	1,068.03	825.61	784.33	-283.71		-36.17

根據隨機取樣分析結果判定，臺北/臺南/臺東 分署在減碳計畫執行後，碳排放量有“達標”

(*此為隨機抽樣分析結果，並非實際狀況)

工程 類型	樣本	達標數	達標率 %	碳排係數 (tonCO ₂ e/萬元)	總經費 (萬元)	已計算的碳 排經費(萬元)	經費解算 率 (%)	已計算碳排 量(tonCO ₂ e)	經費推算未 知碳排 (tonCO ₂ e)	工程總碳 排(tonCO ₂ e)	經費推算工 程碳排量 (tonCO ₂ e)	許可碳排上 限 (tonCO ₂ e)	碳排量差異 (tonCO ₂ e)	達標 評估	減碳效率 (%)
崩塌	8	6	75.0	0.5317	5,309.15	5,073.56	0.96	2,209.43	125.26	2,334.69	2,822.88	2,681.73	347.04	達標	12.94
野溪	23	8	34.8	0.6447	13,448.55	12,477.92	0.93	7,817.55	625.76	8,443.31	8,670.28	8,236.76	-206.55		-2.51
農塘	10	5	50.0	0.3748	4,971.78	4,635.13	0.93	1,417.50	126.18	1,543.67	1,863.42	1,770.25	226.58	達標	12.80
農路	19	7	36.8	0.5905	4,875.34	4,669.95	0.96	2,892.13	121.28	3,013.42	2,878.89	2,734.94	-278.47		-10.18

根據隨機取樣分析結果判定，崩塌地處理/農塘營造 工程類型在減碳計畫執行後，碳排放量有“達標”

以 **分署** 為單位進行 **減碳管控**

■ 情境1:

精算量 > 管控量

次年度預算核定時加強減碳力度

■ 情境2:

精算量 < 管控量

次年度預算核定時按規劃量體執行

由總局落實整體管控

四、後續發展與減碳策略-碳足跡盤查方法與認證



四、後續發展與減碳策略-施工運用指引

➤ 施工階段的減碳策略

項目	內容	減碳概念
O2-1	機具的使用規劃	整合機具工作時間，使用有節能標章的機具
O2-2	工址現地減廢	廢棄物減量及再利用
O2-3	變更材料來源與使用量	依現況調整施工作業
O2-4	環境保護措施	作好環境保護
O2-5	施工日誌與工項完善	透過施工工項解算工程的碳排放量
O2-6	工程之碳排放量成效檢查	追蹤碳排差異的原因

➤ 運用階段的減碳策略

項目	內容	減碳概念
O3-1	定期維護保養	有效率的修復和保養使設施延長使用年限
O3-2	颱風地震災後評估(延壽工程)	災後安全檢查
O3-3	善用地方人力資源	減少維護成本

➤ 施工與運用階段的減碳檢核表

階段	項目	內容	達成	無達成	無此項	評分(1-5)*	備註
施工	O2-1	機具的使用規劃					
	O2-2	工址現地減廢					
	O2-3	變更材料來源與使用量					
	O2-4	環境保護措施					
	O2-5	施工日誌與工項完善					
	O2-6	工程之碳排放量成效檢查					
運用	O3-1	定期維護保養:					
	O3-2	颱風地震災後評估					
	O3-3	善用地方人力資源					

單位: _____ 評分者: _____ *評分1~5分五個級距，1分代表不完整/太少，5分代表非常完整/豐富。

➤ 執行進度

1. 已彙整「施工」與「運用」階段的減碳規劃和方法
2. 提出「施工」與「運用」工程階段減碳檢核表
3. 持續擴增水土保持工程在施工與運用階段之常見工項，增加新的碳排放係數與計算方法



結論

- ◆由隨機抽樣分析結果顯示，現階段本年度本署總量已達成5%減碳目標，然部分分署則未達標。
- ◆工程類型為「野溪治理」和「農路改善」因較多工程施作，含高碳排的混凝土和鋼筋，碳排較難降低，建議採用低碳排的材料施作。





報告完畢
敬請指教

