



106  
年度  
創新  
研究  
計畫

# 行政院農委會水土保持局 106年度創新研究計畫

## 成果評估報告

行政院農業委員會水土保持局  
與您一起打拼



成果  
評估  
報告

106  
年度

行政院農業委員會水土保持局



行政院農業委員會水土保持局  
54044南投市中興新村光華路6號  
<http://www.swcb.gov.tw>

行政院農業委員會水土保持局 編印  
中華民國107年2月

計畫編號：SWCB-107-022

---

# 106 年度水土保持局創新研究計畫 成果評估報告

---

執行單位：水土保持局技術研究發展小組

研究主持人：陳振宇

研究人員：陳國威、陳均維、嚴曉嘉、黃奉琦、劉維則、  
吳軒蘋

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 107 年 02 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

# 106 年度水土保持局創新研究計畫成果評估報告

## 摘要

面對氣候變遷與極端氣候導致天然災害頻繁，水土保持局(以下簡稱本局)為加強水土保持及農村再生基礎研究，加速創新研發與運用，自 105 年度起辦理創新研究計畫，並採公開徵求方式廣邀各相關領域學研單位研提計畫書。

106 年本局公開徵求創新研究計畫共分為「前瞻策略與機制推動、工程技術發展、軟體防災對策、管理與法規研析、基礎調查與研究、農村再生」等六大領域，各公私立大學及法人團體共研提 73 件，經評審會議後核定 42 件計畫。

整體而言，本年度創研計畫之學術研究產出豐碩，在跨領域技術整合與基礎科學發展等方面皆亦有諸多成果；惟於專利產出、技術手冊修正或產出及有助於法規修正等面向，則相對著墨較少。而在成果評估上，亦可發現本年度已有具體成果之案件多分布於「工程技術發展」、「基礎調查與研究」與「前瞻策略與機制推動」等三個領域。此外，本報告亦針對 42 件計畫成果進行綜合評估，並提出相關建議；其中建議可列入本局未來業務推動之計畫亮點者計有 12 件，可作為後續業務應用時之參考。

**關鍵詞：水土保持、農村再生、創新研究計畫**

# 目次

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 摘要.....                   | I   |
| 目次.....                   | II  |
| 表次.....                   | IV  |
| 圖次.....                   | V   |
| 第一章 計畫目的 .....            | 1   |
| 第二章 公開徵求研究領域 .....        | 1   |
| 第三章 研提案件分析 .....          | 1   |
| 第一節 各領域研提案件數量分析 .....     | 1   |
| 第二節 研提單位廣度分析 .....        | 2   |
| 第三節 研提案件與公開徵求議題之關聯性 ..... | 3   |
| 第四章 核定案件分析 .....          | 4   |
| 第一節 各領域核定案件數量分析 .....     | 4   |
| 第二節 研提單位之核定案件比例分析 .....   | 4   |
| 第三節 核定案件與公開徵求議題之關聯性 ..... | 5   |
| 第五章 計畫執行單位自評結果 .....      | 6   |
| 第一節 研討會發表及論文產出篇數統計 .....  | 6   |
| 第二節 計畫主持人自評統計 .....       | 7   |
| 第六章 業務單位計畫成果評估 .....      | 10  |
| 第七章 各計畫成果綜合評估與建議 .....    | 12  |
| 第八章 結語 .....              | 18  |
| 附錄.....                   | 附-1 |
| 附錄一 計畫公開徵求相關研究議題 .....    | 附-1 |
| 附錄二 計畫辦理期程 .....          | 附-6 |
| 附錄三 各界研提案件明細 .....        | 附-7 |

|     |                       |      |
|-----|-----------------------|------|
| 附錄四 | 核定補助案件明細 .....        | 附-10 |
| 附錄五 | 計畫執行單位自評明細表 .....     | 附-12 |
| 附錄六 | 業務單位成果評估明細表 .....     | 附-17 |
| 附錄七 | 各計畫成果綜合評估與建議明細表 ..... | 附-23 |
| 附錄八 | 各計畫成果摘要報告 .....       | 附-40 |

## 表次

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 表 3-1 106 年各領域創新研究計畫研提案件數..... | 2  |
| 表 3-2 106 年創新研究計畫研提單位類型統計..... | 2  |
| 表 4-1 各領域核定計畫件數統計.....         | 4  |
| 表 4-2 研提單位核定案件比例統計.....        | 5  |
| 表 7-1 106 創新研究計畫成果亮點彙整表.....   | 12 |

## 圖次

|  |    |
|--|----|
| 圖 3-1 各計畫研提單位提案數量統計 .....              | 3  |
| 圖 3-2 研提題目與公開徵求議題之關聯性 .....            | 3  |
| 圖 4-1 核定案件與公開徵求議題之關聯性 .....            | 5  |
| 圖 5-1 106 年創新研究計畫自評表格式 .....           | 6  |
| 圖 5-2 核定計畫研討會、期刊發表與碩博士論文產出統計 .....     | 7  |
| 圖 5-3 計畫主持人自評表-技術應用面 .....             | 8  |
| 圖 5-4 計畫主持人自評表-學術創新面 .....             | 9  |
| 圖 5-5 計畫主持人自評表-制度及其他面 .....            | 9  |
| 圖 6-1 106 年創新研究計畫成果評估表格式(計畫主辦單位) ..... | 10 |
| 圖 6-2 各業務組(中心)後續應用與建議統計 .....          | 11 |

## 第一章 計畫目的

面對氣候變遷與極端氣候導致天然災害頻繁，水土保持局(以下簡稱本局)為加強水土保持及農村再生基礎研究，加速創新研發與運用，自 105 年度起辦理創新研究計畫，並採公開徵求方式廣邀各相關領域學研單位研提計畫書。

## 第二章 公開徵求研究領域

106 年本局公開徵求創新研究計畫共分為「前瞻策略與機制推動、工程技術發展、軟體防災對策、管理與法規研析、基礎調查與研究、農村再生」等六大領域，其研究參考議題詳如附錄一。另為提供各領域相關背景說明，本局已盤點歷年成果及研析國內外研究與技術文件，彙整為「水土保持技術研究發展規劃與建議」報告，供各學研專家研提計畫時之參考(詳參 <http://www.swcb.gov.tw/1051005> 水土保持技術研究發展規劃與建議(報告).pdf)

本計畫係於 105 年 12 月 2 日至 12 月 30 日止公開徵求四週，其審查會議、期中、期末等會議日期，以及計畫現地查核等相關期程，詳如附錄二。

## 第三章 研提案件分析

106 年創新研究計畫計有 31 個單位共計研提 73 件，其研提案件明細詳如附錄三。以下將針對各領域研提案件數量、研提單位廣度、以及其與公開徵求題目之關聯性進行分析。

### 第一節 各領域研提案件數量分析

各單位研提之創新研究案件依公告之六大領域類別統計之案件數如表 3-1 所示，其中以軟體防災對策領域所佔計畫件數最多，共 20

件；基礎調查與研究次之，共 17 件；而工程技術發展與農村再生則分別為 13 及 14 件。

表 3-1 106 年各領域創新研究計畫研提案件數

| 領域類別      | 研提計畫件數 (件) |
|-----------|------------|
| 前瞻策略與機制推動 | 8          |
| 工程技術發展    | 13         |
| 軟體防災對策    | 20         |
| 基礎調查與研究   | 17         |
| 管理與法規研析   | 1          |
| 農村再生      | 14         |
| 總計        | 73         |

## 第二節 研提單位廣度分析

本年度創新研究計畫根據研提單位性質可區分為三大類別，分別為國立大學、私立大學及法人團體，共計 31 個產官學研單位進行研提。其中國立大學共計 47 件為最多；其次為私立大學，共計 18 件；法人團體共計 8 件則位居第三，如表 3-2 所示。另各學研單位之研提計畫數則如圖 3-1 所示。在國立大學類別，以國立中興大學 12 件最多，國立屏東科技大學 8 件次之，國立台灣大學 6 件位居第三，國立成功大學(含財團法人成大研究發展基金會)5 件則位居第四，其餘國立大學皆為 1 至 3 件；在私立大學類別，以逢甲大學 9 件最多，其餘私立大學皆為 1 至 2 件；而法人團體類別，各單位皆為 1 至 2 件。

表 3-2 106 年創新研究計畫研提單位類型統計

| 研提單位 | 計畫件數 (件) |
|------|----------|
| 國立大學 | 47       |
| 私立大學 | 18       |
| 法人團體 | 8        |
| 總計   | 73       |

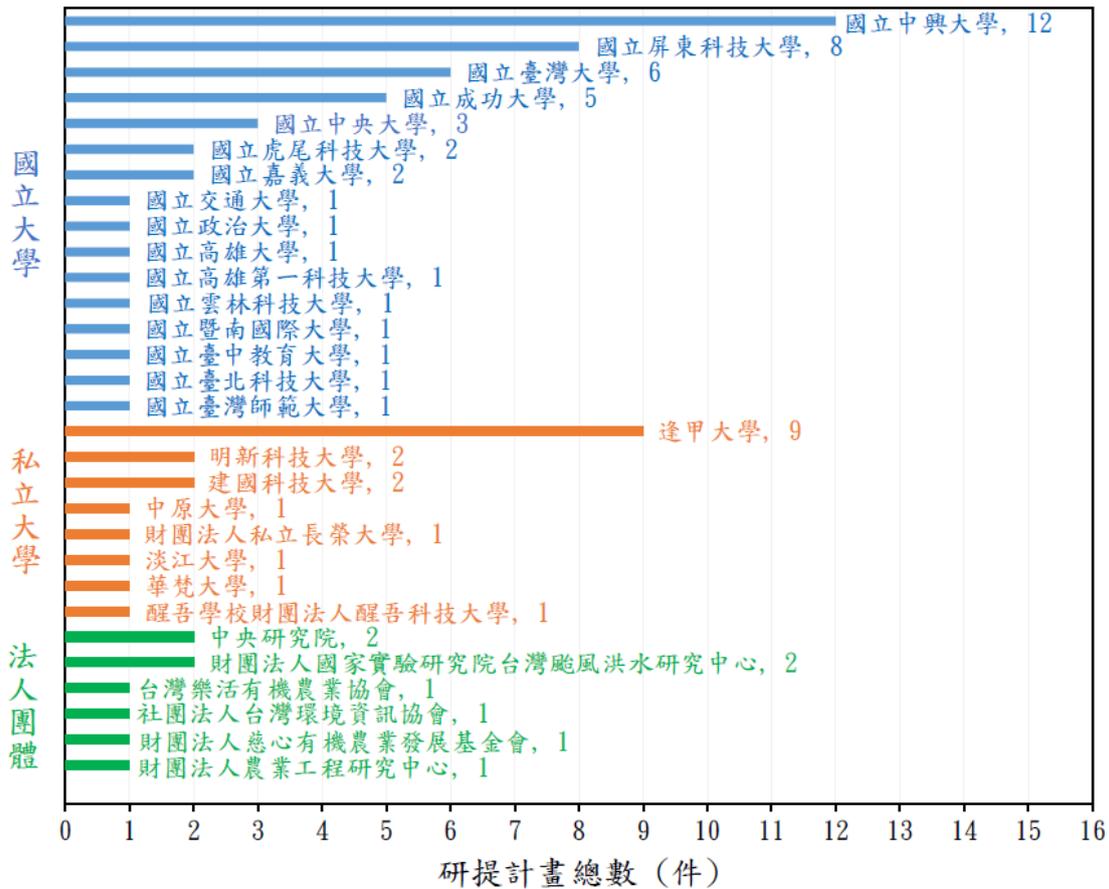


圖 3-1 各計畫研提單位提案數量統計

### 第三節 研提案件與公開徵求議題之關聯性

根據 106 年本局公開徵求創新研究計畫之參考議題與與研提計畫進行關聯性比較，其中共計 38 件之研提題目與公開徵求議題有相關性(約佔 52%)，如圖 3-2 所示。

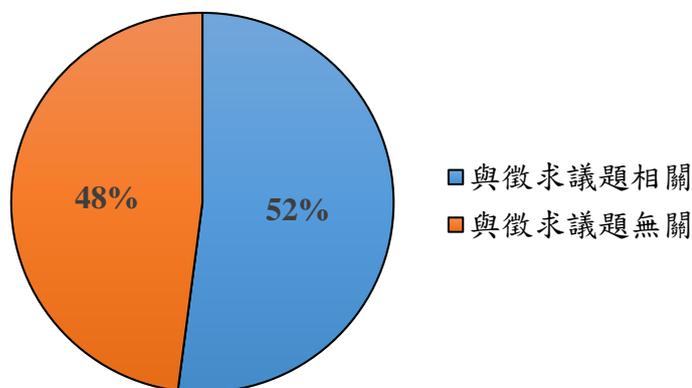


圖 3-2 研提題目與公開徵求議題之關聯性

## 第四章 核定案件分析

### 第一節 各領域核定案件數量分析

106 年度創新研究計畫共研提 73 件，經審查會議計核定 42 件，核定比例為 57.5%，核定計畫明細詳如附錄四。另各領域核定案數則如表 4-1 所示，其中以「基礎調查與研究」類別共計約 10 件為最多，其次則分別為「軟體防災對策」及「農村再生」各 9 件位居第二。

表 4-1 各領域核定計畫件數統計

| 領域類別      | 研提計畫件數<br>(件) | 核定計畫件數<br>(件) | 核定比例<br>(%) |
|-----------|---------------|---------------|-------------|
| 前瞻策略與機制推動 | 8             | 5             | 62.5        |
| 工程技術發展    | 13            | 8             | 61.5        |
| 軟體防災對策    | 20            | 9             | 45.0        |
| 基礎調查與研究   | 17            | 10            | 58.8        |
| 管理與法規研析   | 1             | 1             | 100.0       |
| 農村再生      | 14            | 9             | 64.3        |
| 總計        | 73            | 42            | 57.5        |

### 第二節 研提單位之核定案件比例分析

106 年度創新研究計畫共研提 73 件，其中包括國立大學 47 案、私立大學 18 件及法人團體 8 件。而經會議審查後，核定案件分別為國立大學 23 件、私立大學 12 件及法人團體 7 件，其核定比例則約為 49%、67% 及 87.5%，如表 4-2 所示。

表 4-2 研提單位核定案件比例統計

| 研提單位 | 研提案件數<br>(件) | 核定案件數<br>(件) | 核定比例 (%) |
|------|--------------|--------------|----------|
| 國立大學 | 47           | 23           | 48.9     |
| 私立大學 | 18           | 12           | 66.7     |
| 法人團體 | 8            | 7            | 87.5     |

### 第三節 核定案件與公開徵求議題之關聯性

經分析核定案件與公開徵求議題之關聯性，與徵求議題相關且被核定之計畫共 23 件，約佔整體研提計畫的 31%；與徵求議題相關但未被核定之計畫共 15 件，約佔整體研提計畫的 21%；與徵求議題無關但被核定之計畫共 19 件，約佔整體研提計畫的 26%；與徵求議題無關且未被核定之計畫共 16 件，約佔整體研提計畫的 22%；如圖 4-1 所示。分析結果發現，研提題目與公告徵求議題相關者，其核定比例略高 5%，但就整體而言，此差異並不明顯。

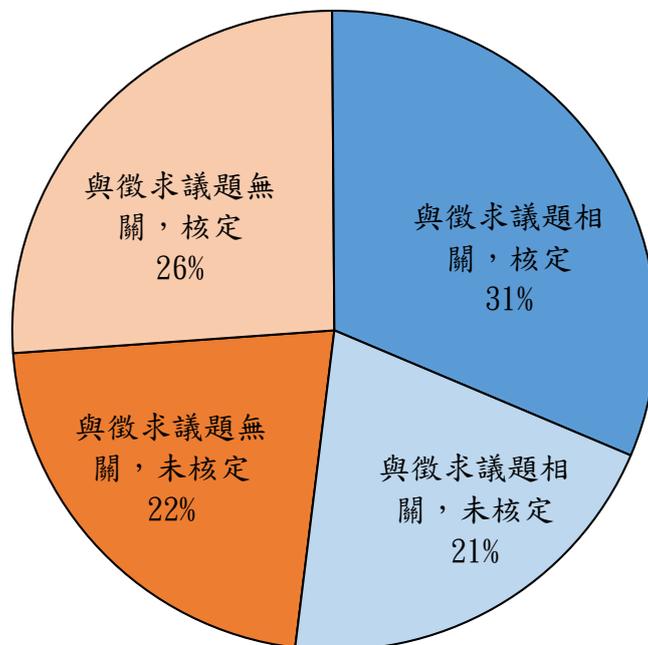


圖 4-1 核定案件與公開徵求議題之關聯性

## 第五章 計畫執行單位自評結果

為初步評估各創新研究計畫成果，各研究計畫主持人於期末審查會議前須完成自評表並回傳本局，於期末會議時供審查委員參考，並將之納入期末簡報內容，自評表格式如圖 5-1 所示。另各計畫自評結果詳如附錄五。

| 106 年度創新研究計畫自評表   |  |   |
|---|--|---|
| 計畫名稱：   |  |   |
| 計畫執行單位：   |  |   |
| 計畫主持人：  |  |   |
| 技術應用面   |  |   |
| Q1.   | 專利產出？  | <input type="checkbox"/> 已申請 <input type="checkbox"/> 申請中 <input type="checkbox"/> 評估中<br><input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項 |
| Q2.   | 新技術產出？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q3.   | 有助於跨域技術整合？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q4.   | 有助於產業發展？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q5.   | 產出技術手冊或可供本局現有技術手冊修訂參考？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| 學術創新面   |  |   |
| Q6.   | 有助於基礎科學發展？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q7.   | 國內(外)研討會發表？  | <input type="checkbox"/> 是，__篇 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q8.   | 國內(外)期刊發表？   | <input type="checkbox"/> 是，__篇 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q9.   | 產出碩博士論文？   | <input type="checkbox"/> 是，__篇 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q10.  | 產出具體教案？(納入教學內容)  | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| 制度及其他面  |  |   |
| Q11.  | 有助於行政服務改善？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q12.  | 有助於行政計畫推動？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q13.  | 可供法規修正參考？  | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q14.  | 有助於前瞻策略擬訂？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| Q15.  | 有助於社會經濟發展？   | <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 本計畫目標無此項  |
| 其他  |  |   |
| 備註  | 申請之專利名稱：   |   |
|   | 新技術之名稱：  |   |
|   | 發表國內(外)研討會名稱：  |   |
|   | 發表國內(外)期刊名稱：   |   |
|   | 計畫結束後，報告全文預計可公開時間？ <input type="checkbox"/> 立即 <input type="checkbox"/> 1年後 <input type="checkbox"/> 2年後<br>(無法立即公開之原因為：_____) |   |
| 可配合於本局每週二上午定期舉辦之專題討論進行技術交流與成果分享<br>( <a href="http://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion">http://tech.swcb.gov.tw/Seminar/Seminardiscussion</a> )？ <input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 |  |   |
| 計畫主持人簽名   |  |   |

圖 5-1 106 年創新研究計畫自評表格式

### 第一節 研討會發表及論文產出篇數統計

106 年創新研究計畫所產出學術成果豐碩，於核定計畫 42 件中，產出國內(外)研討會發表共計 29 篇、國內(外)期刊發表共計 6 篇及碩

博士論文共計 13 篇，其詳細說明如圖 5-2 所示。就總篇數而言，以國外研討會發表為冠，共計 18 篇；而碩博士論文與國內研討會發表篇數產出則分別為 13 篇與 11 篇，位居第二及第三。另綜整各領域之篇數後可發現，「基礎調查與研究」領域於國內期刊、國外研討會發表及碩博士論文產出皆遠高於其他五領域，共產出 20 篇；而「軟體防災對策」領域則產出 12 篇，位居第二。

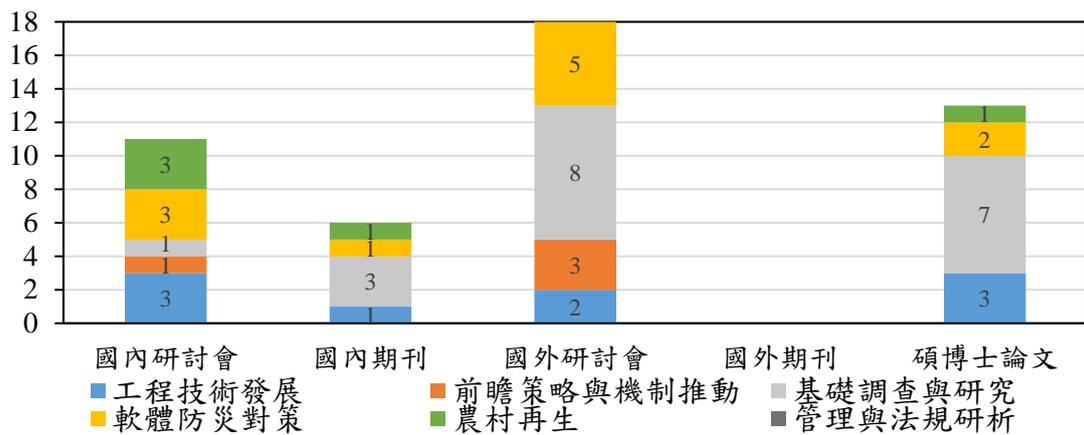


圖 5-2 核定計畫研討會、期刊發表與碩博士論文產出統計

## 第二節 計畫主持人自評統計

本年度計畫於期末審查會議時，請計畫主持人就計畫執行成果進行自評表撰寫，其內容大致分為三個面向，分別為技術應用面、學術創新面與制度及其他面向。於技術應用面，計畫主持人將針對是否產出專利與新技術、跨領域技術整合、產業發展與技術手冊等進行自評；於學術創新面，則針對所產出之學術產物及具體教案進行評比；最後在制度及其他面向，則著重於前瞻策略、行政計畫或服務、法規修正與社會經濟發展等。

首先，各計畫之技術應用面自評結果如圖 5-3 所示。由圖 5-3 可發現，本年度計畫共計有 6 件產出專利(共計 1 件已申請，5 件評估中)、20 件產出新技術、26 件有助於跨領域技術整合、24 件有助於產

業發展且有 8 件產出或修訂技術手冊。其中，已申請專利名稱為「重大突破 3D 地形表現技術：H.O.S.T 地圖」。

另於新技術產出、有助於跨域整合與有助於產業發展方面，皆以「軟體防災對策」為冠；而「農村再生」領域及「工程技術發展」領域在有助於跨域整合與有助於產業發展方面亦有良好表現。另外，「基礎調查與研究」領域於新技術產出則佔最多案數。

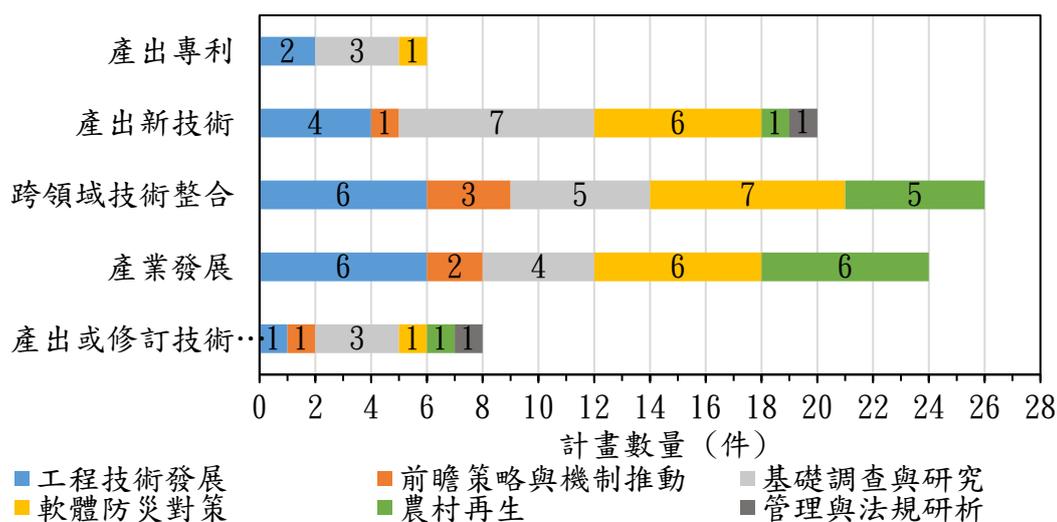


圖 5-3 計畫主持人自評表-技術應用面

各計畫之學術創新面自評結果如圖 5-4 所示。由圖 5-4 可發現，本年度計畫共計有 25 件有助於基礎科學發展、15 件投稿國內研討會（共計發表 11 篇，另有 5 篇準備發表或撰寫中）、14 件發表國內期刊（共計發表 6 篇，另有 8 篇準備發表或撰寫中）、17 件投稿國外研討會（共計發表 18 篇，另有 2 篇準備發表或撰寫中）、8 件發表國外期刊（共計 8 篇準備發表或撰寫中）、13 件產出碩博士論文（共計發表 13 篇，另有 1 篇準備發表或撰寫中）及有 11 件產出具體教案。其中，於基礎科學發展方面，「工程技術發展」領域、「基礎調查與研究」領域與「軟體防災對策」領域皆有 6 至 7 件產出；另研討會投稿、期刊發表與碩博士論文產出已於前文就產出篇數進行討論，故此節將不針對此

處進行著墨。而產出具體教案方面，以「農村再生」領域共計 4 件為最多。

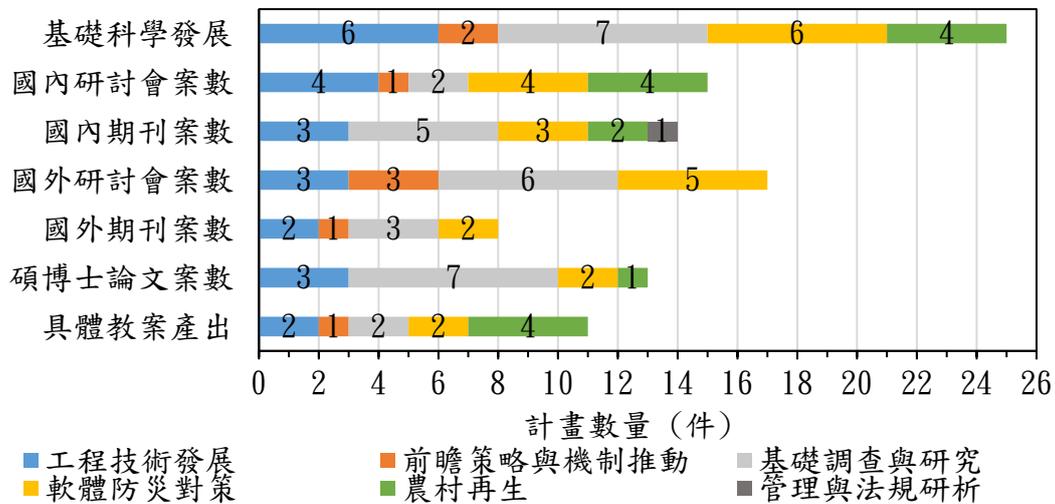


圖 5-4 計畫主持人自評表-學術創新面

最後，各計畫制度及其他面向自評結果如圖 5-5 所示。由圖 5-5 中可發現，本年度計畫共計有 10 件改善行政服務、18 件有助於推動行政計畫、7 件可供法規修正參考、28 件有助於擬定前瞻策略與 22 件有助於社會經濟發展。其中，「軟體防災對策」領域與「農村再生」領域於推動行政計畫方面皆有良好表現；而在前瞻策略擬定方面，除「管理與法規研析」領域本身就只有一案外，各領域皆有 4 至 6 件具備此成果；而社會經濟發展方面，則以「農村再生」共計 9 篇最多。

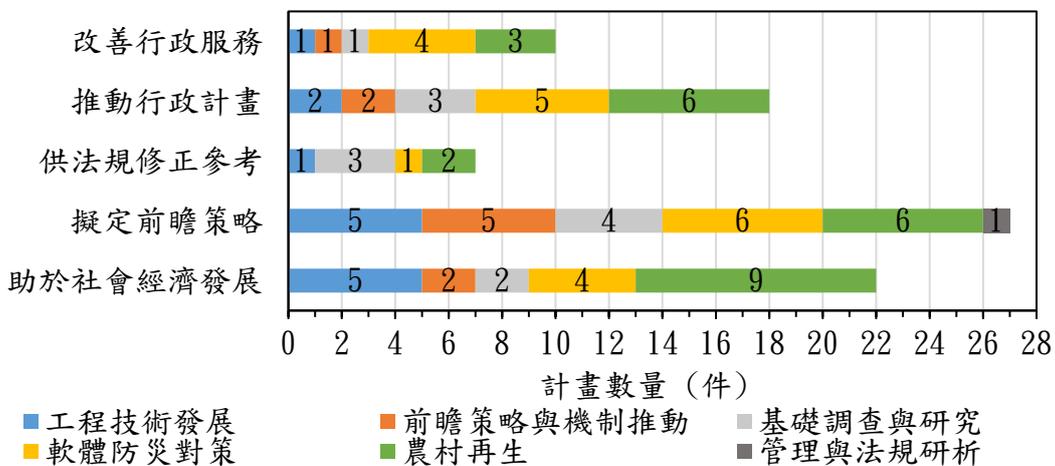


圖 5-5 計畫主持人自評表-制度及其他面

綜合以上結果，於計畫主持人自評表結果中，三大面向皆有所對應較多案數之領域類別。於技術應用面及學術創新面，各案符合案數分布較平均；而於制度及其他面向，則以「農村再生」領域與「軟體防災對策」領域為主。

## 第六章 業務單位計畫成果評估

本年度計畫除要求計畫主持人進行自評表撰寫外，亦由各主辦之業務組(中心)針對計畫執行成果進行評估，並提出相關後續應用與建議，評估項目及內容詳如圖 6-1，業務單位針對個別計畫之成果評估意見明細詳如附錄六。

| 106 年度創新研究計畫成果評估表(計畫主辦單位) |  |
|---------------------------|--|
| 計畫名稱：                     |  |
| 計畫執行單位：                   |  |
| 計畫主持人：                    |  |
| 技術面                       |  |
| 內容                        | 產出專利、新技術、技術手冊<br>有助於跨域技術整合、產業發展(請參考自評表)          |
| 審查意見                      |  |
| 學術面                       |  |
| 內容                        | 發表國內(外)研討會、期刊、碩博士論文<br>有助於基礎科學發展、產出具體教案(請參考自評表)  |
| 審查意見                      |  |
| 制度及其他面                    |  |
| 內容                        | 改善現行制度、法規、行政計畫<br>有助於前瞻策略擬訂、社會經濟發展(請參考自評表)       |
| 審查意見                      |  |
| 後續應用與建議                   |  |
| 請勾選                       | <input type="checkbox"/> 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|                           | <input type="checkbox"/> 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
|                           | <input type="checkbox"/> 將(已)納入現行制度、行政計畫或法規檢討之參考 |
|                           | <input type="checkbox"/> 為進一步驗證成果，將(已)納入相關試辦工作   |
|                           | <input type="checkbox"/> 尚未有具體成果，但有發展潛力          |
|                           | <input type="checkbox"/> 其他：_____                |
| 承辦人：                      | 科長：  |

圖 6-1 106 年創新研究計畫成果評估表格式(計畫主辦單位)

有關後續應用與建議項目，經統計如圖 6-2 為所示。由圖 6-2 可發現，工程技術發展領域之計畫大部分都為「已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目」及「可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目」此二選項；前瞻策略與機制推動領域與基礎調查與研究領域則皆平均分布於各選項中。另外，軟體防災對策領域與農村再生領域之計畫，大部分都落在「尚未有具體成果，但有發展潛力」選項內。

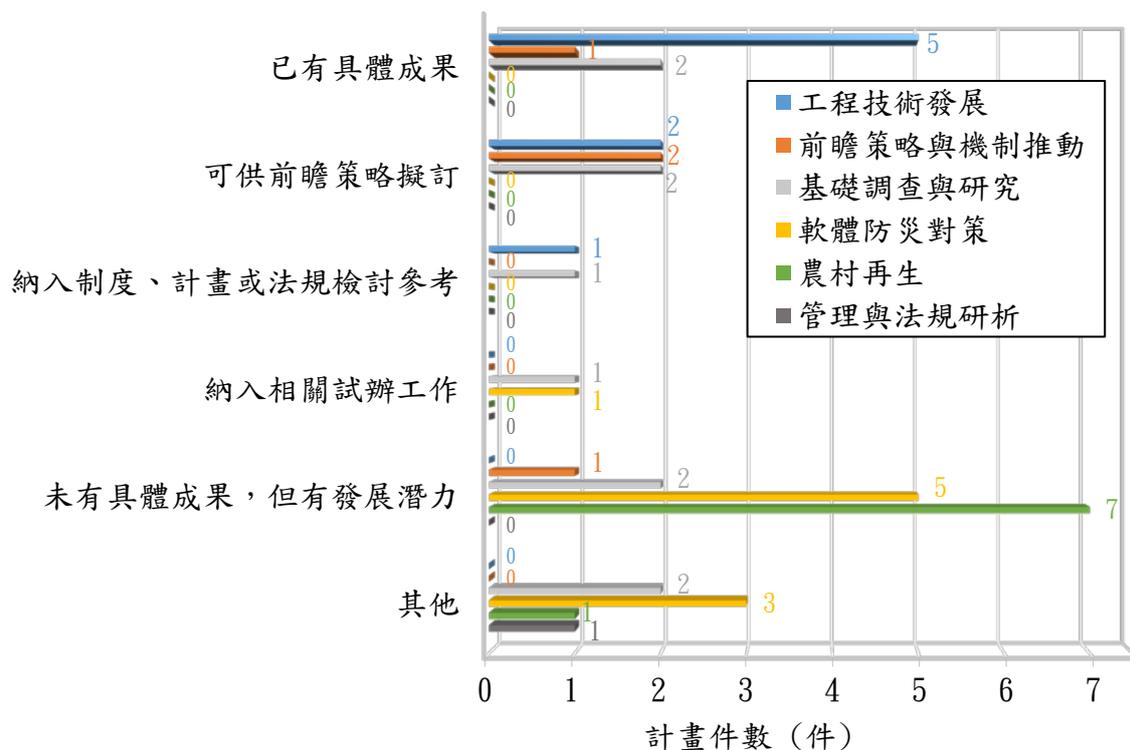


圖 6-2 各業務組(中心)後續應用與建議統計

## 第七章 各計畫成果綜合評估與建議

綜整各計畫原設定目標及執行成果，本報告針對 42 件計畫成果進行綜合評估，並提出相關建議，詳如附錄七。其中建議可列入有助於本局未來業務推動之計畫亮點有 12 件，詳如表 7-1。另，106 年創新研究計畫各計畫成果摘要報告如附錄八。

**表 7-1 106 創新研究計畫成果亮點彙整表**

| 計畫名稱                           | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 計畫亮點   |
|--------------------------------|---|--|--|
| 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 使用數值地形模擬萃取重要地文因子進行土石流潛勢溪流之地貌判識，並進行土砂災害類型之驗證。</li> <li>2. 提供後續土砂災害類型預判及土石流潛勢溪流劃設之依據。</li> <li>3. 以計曲線法求得溪溝起點之集水面積大小的累積機率分布。而在較大面積(&gt;0.2 km<sup>2</sup>)的子集水區計曲線法或固定網格數(即集水面積門檻值)法皆可適用；但如集水面積小於 0.2 km<sup>2</sup>(坡面型土石流)則宜採用 0.5 公頃的臨界集水面積計算溪流起點較能反應溪溝的地形特性。</li> <li>4. Bertrand et al. (2013)的門檻關係可供具溢流點及扇狀堆積之集水區是否為土石流潛勢溪流判釋參考條件。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在流域險峻值(MR)及流域長度(L)部份，不同區域門檻值反映其地形、地質及氣候條件之差異，土石流與高含砂水流並存之區域仍需現勘判定其土砂運移型態。</li> <li>2. 統合三個流域資料及大陸 139 條土石流溪溝之判釋分類，河道上土砂災害之地貌分類可一體適用：即 MR&gt; 0.43 且 L&lt; 7 km 者為土石流；0.3≤MR≤0.43, 且 L≤14 km 及 MR&gt;0.43, 且 7km ≤ L≤ 14 km 者為高含砂水流及土石流並存；MR&lt;0.3 則為洪水。</li> <li>3. 當溢流點下游有沖積扇時，堆積扇坡度與流域險峻值呈現良好冪次關係。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前土石流潛勢溪流劃設之地文因子，僅有集水區面積下限及溢流點上游溪床坡度，較為粗略，本研究未來有機會改善此缺口。</li> <li>2. 因應未來組織再造後，本局仍需面對無保全對象之土石流地質敏感區之調查與劃設，本研究所提之方法，亦可作為重要之參考指標。</li> <li>3. 此計畫針對台灣三個區域進行土石流潛勢溪流之地文因子判定，成果豐碩，利用流域險峻值(MR)及流域長度(L)等因子進行溪流分類，對土石流潛勢溪流之劃設具高度參考價值。</li> <li>4. 建議未來擴大研究範圍並參考歷年計畫成果，探討地文因子並分析關聯性，提高精準度。</li> </ol> |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3) | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. MICP(Microbial-induced carbonate precipitation) 工法，即微生物誘導碳酸鈣結晶，應用於自然邊坡淺層土壤滑動防治工作，使鬆散的土體結構膠結成具有力學性質的土體，也可保有土體原有的不擾動性。</li> <li>2. 建立 MICP 應用於自然邊坡淺層土壤滑動防治最主要的控制參數如營養液濃度及細菌濃度等。</li> <li>3. 以砂土管柱進行 MICP 研究，模擬一個滴灌方式之生物灌漿法，進行 MICP 試驗與分析土壤力學性質。初步確定 MICP 是否為土壤穩固</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在標準管柱條件下 MICP 反應過程中之實驗發現， Bacillus pasteurii 菌確實對於鈣離子轉換具有相當效率，並成功生成碳酸鈣晶體，故可初步判釋 MICP 在土壤中確實能進行礦化反應，並經微觀試驗證明，確實可於砂土顆粒之間長成碳酸鈣晶體進行填塞作用。</li> <li>2. 標準砂及土壤抗壓試驗重模試體經 MICP 作用後，無凝聚力之標準砂試體可以被固結成具有直立性之小圓柱，標準砂試體抗壓強度值可由鬆散砂之零強度強化提升到 3 至 12kPa</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究之構想饒富創意，惟尚未有現地試驗，是否適用於台灣之地質還有待商榷。</li> <li>2. 未來對於現地應用除強度測試外還需考量環保議題。</li> <li>3. 此計畫較適用於抗表土層沖蝕，建議針對表土層下方土體進行固化，增加強度並維持植生多樣性。</li> </ol>  |

| 計畫名稱                               | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果  | 計畫亮點   |
|------------------------------------|---|---|--|
|                                    | <p>之原動力。</p> <p>4. 完成 MICP 工法對土壤固結效果與防止邊坡滑動效益的評估。</p>   | <p>左右。土壤重模試體之強度更可提升至 250kPa 左右。</p>   |  |
| <p>地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立—以 921 地震為例</p> | <p>1. 此計畫目標為利用 1999 年 921 大地震時期之崩塌資料 (MW=7.6) 及統計分析方法發展坡地易損性曲線。</p> <p>2. 此計畫方法將針對地震引致坡地崩塌的問題，將利用地理資訊資料、衛星影像資料分析其致災因子 (誘因)，建置研究區環境資料庫與 921 地震崩塌資料庫，再以此計畫所提之坡地易損性分析方法，建立以尖峰地表加速度 (PGA) 為致災誘因的易損性曲線。</p>  | <p>1. 針對烏溪流域集水區完成 1999 年九二一地震中崩塌資料庫建置，內容包括九二一事件、崩塌地萃取、事件尖峰地、表加速度 (PGA) 推估、集水區地文因子分析等。</p> <p>2. 此計畫成果顯示，高程因子較不適宜作為坡地易損性曲線的分類因子，故不採納作為坡地易損性分析中的坡面分類因子。</p> <p>3. 此計畫已完成針對烏溪流域集水區坡地易損性分析，總體而言屬合理趨勢。</p> <p>4. 於不同因子情境之成果顯示，若致災資料不充足，易造成結果不佳，且此計畫定義之坡向強弱面，會隨震度越高差異越大。</p> <p>5. 而在坡度因子方面，可發現坡地易損性隨坡度增加而上升，即表示越易崩塌，但隨震度提高崩塌機率並無擴大現象。</p> <p>6. 此計畫利用實際崩塌進行不同崩塌危險程度驗證，客觀評價計畫成果之崩塌危險程度評估成功率。由驗證成果中顯示，對於崩塌危險評估正確率達到 88%。</p> | <p>1. 目前地震對於坡地災害影響之評估方式，國內外尚無定見，也是本局目前尚缺的研究領域，本研究所提之坡地易損性評估方式，應為可行之方向。</p> <p>2. 此計畫利用坡地易損性分析方法建立以九二一地震尖峰地表加速度為致災誘因的易損性曲線，其計畫成果豐碩，除針對不同環境因子進行評論比較外，亦將評估後之崩塌危險程度與真實崩塌進行驗證。</p> <p>3. 由驗證成果發現，此計畫評估之正確率達到 88%，惟其評估危險程度尚有些許屬於高估情況，故其正確率有待商榷。</p> <p>4. 本成果未來或可作為後續震後之土石流警戒基準值的調整依據。</p> <p>5. 建議後續可以前揭成團隊發表之地表振動強度機率分布圖中，震度 5 以上地區進行相關評估。</p> |
| <p>土石流災害保險制度之研究</p>                | <p>1. 探討我國是否應建立土石流天然災害保險制度。</p> <p>2. 探討建立土石流天然災害保險制度應採用之推動策略與模式，並評估推動上之困難處。</p> <p>3. 辦理 2 場次專家座談：成員包括七大領域專家 (法律、防災、土木、資訊、環資、風險管理、消防)，議題涵蓋保全對象、訪談議題、保險可行性及保險型式建議等。</p> <p>4. 辦理 5 場次保險業者訪談。</p> <p>5. 辦理 8 場社區民眾訪談：成員包括非偏遠非原住民區域、偏遠非原住民區域。</p> | <p>1. 根據保險業者訪談結果中顯示，由於逆選擇問題與投保客戶數量低，業者無利可圖，行銷意願甚低。</p> <p>2. 由社區民眾訪談結果顯示許多保全對象因收入不固定或收入較低，無能力且無意願投保，而部分偏鄉保全對象認為農作物保險、小額動產保險較住宅保險對其更具實用性且保費較可能有能力負擔。</p> <p>3. 都會區民眾則表示每年願負擔千元至萬元之保費，但更關心災害導致房地產價格下跌之損失。</p> <p>4. 另一方面，許多保全對象由於產權問題，造成其住宅不具投保資格，而政府各類災害補助</p>   | <p>1. 本研究完整針對民眾、地方政府、專家學者及保險業者進行深入訪談，並出現階段較可為後續本局在相關議題後之重要參考資料，後續並可據以作為相關政策說帖之參據。</p> <p>2. 本研究亦探討各國天然災害保險機制並與我國制度進行比較，另也取得各方對天然災害保險現況困難處及推動方式建議。</p> <p>3. 本研究建議針對我國土石流災害管理及風險管理進行全面檢討，調整為更多元且符合提升效果與效率原則方式管理災害風險。此意見可作為未來政策擬定之參考。</p>  |

| 計畫名稱                         | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果   | 計畫亮點   |
|------------------------------|--|--|--|
|                              |  | <p>與救濟亦降低民眾自主承擔災害風險意願。</p> <p>5. 即使可透過強制保險達成，但針對強制投保本身，也將面臨是否違反憲法人民財產支配權的保障問題。</p>   |  |
| <p>建立聚落周緣山坡土石流模式評估及沉積岩變質</p> | <p>1. 全程目標:本計畫旨在建立聚落周緣山坡發生之坡面型土石流易發地形判釋模式，以能事先勘定坡面型土石流高風險區預防災害。</p> <p>2. 本年目標:精進沉積岩充判釋模式至變質岩區(板岩、片岩區)，研擬兩地質區之坡面型土石流潛勢評估模式，提供防災治理單位之防災預警應用。</p>  | <p>1. 此計畫收集坡面型土石流案例及崩塌事件，並建置特性因子分析資料庫。</p> <p>2. 以崩塌坡面單元概念擬定判釋分析單元板岩區、片岩區及沉積岩區之坡面型土石流判釋模式。</p> <p>3. 此計畫亦完成潛勢分級，其方法為將函數值分布曲線累積百分比分成三份，分別為低、中與高潛勢，並採以分區別函數值，不區分地質區，作為分級指標。</p> <p>4. 此計畫發展之地形判釋法可供作為評估聚落周緣山坡發生坡面型土石流事件之潛能，能早期掌握土石流危險區擊。</p> | <p>1. 坡面型土石流之定義，國內專家學者仍有不同看法，建議後續宜加強此部份之定義探討。</p> <p>2. 此計畫成果可作為評估聚落周緣山坡發生之坡面型土石流事件之潛能，並期能提供未來聚落參攷之防災預警。而此計畫所建立之潛勢評估方法值得持續精進，可增加土石流潛勢溪流之掌握及防災工作。</p> <p>3. 對於現行公告土石流潛勢溪流，是否需再區分為坡面型或溪流型，其目的與意義再思考。</p>   |
| <p>衛星雷達影像數值地形分析之可行性評估</p>    | <p>1. 計畫採用 TerraSAR-X 及 TanDEM-X 衛星雷達影像，融合不同視角之 TerraSAR-X/TanDEM-X 干涉對(即升軌和降軌 InSAR 干涉對)，透過不同飛行方式所具之不同幾何關係和參數，如入射角度、垂直基線和高程模糊度等，來對因單一軌道產生的陰影、疊影等區域的地形資訊進行恢復。</p> <p>2. 計畫係以研究區域之 LiDAR 產製 DEM 與 DSM 來檢核衛星雷達影像產製數值高程模型精度，探討 SAR 影像相干性較差導致高程資訊漏失區域之地形坡度、坡向及植被特徵，其中地形坡度及坡向特性可利用 LiDAR DEM 加以分析，植被特徵則可利用 LiDAR DEM 與 DSM 推估樹冠高度模型 (canopy height model, CHM)，以了解植被分布密度。</p> | <p>1. 在曾文水庫集水區選取不同面積、高程、坡度及坡向之 25 處崩塌地，以本計畫產製雷達影像數值地形與 2011 年本區 LiDAR 數值地形比對獲得崩塌地土石生產量，並利用 2011 年與 2014 年 3 月兩期 LiDAR 數值地形比對崩塌地土石量體加以檢核，了解誤差程度。</p> <p>2. 研究結果顯示整體誤差百分率約有 6 成崩塌地(16 處)誤差百分率小於 50%，有兩處崩塌地誤差百分率大於 100%。</p>                  | <p>1. 此研究初步顯示以衛星雷達影像估算土砂量有其可行性，惟其成果偏差率過大，仍有部分程序須修正及檢討，故後續建議待相關技術、學術論證等更成熟後，進行逐一驗證。</p> <p>2. 本項技術未來有機會可變為常態性工作，利用每月二次經過台灣之 Sentinel 衛星雷達影像(SAR)，製作多時期大範圍之河道 DEM，即可掌握集水區土砂收支動態。</p> <p>3. 由此計畫之成果可知，誤差百分率與面積、高程、坡度及坡向之關係大致顯示，誤差百分率較大之崩塌地多數位於朝東之坡向(東、東北、東南)或坡度較大之坡面，此點顯示坡度與坡向兩項地文因素在雷達影像產製地形之融合過程有較為顯著的影響。</p> |
| <p>應用 Sentinel-</p>          | <p>1. 台灣山區崩塌再發生(重現率)相當頻繁，相</p>   | <p>1. PS-InSAR 分析本研究區之舊有崩塌動態，結</p>   | <p>1. 本計畫成果已驗證直接使用 Sentinel-1 之雷</p>   |



| 計畫名稱                    | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 計畫亮點  |
|-------------------------|---|--|---|
| 於水土保持教育成效與析             | 透過網路及智慧型裝置，即可觀看VR影片及互動，同時也具有擬真的臨場感。因可以經由網路來提高操作速度與普及化。  | <p>一部是繪本導向VR電子書，而其餘兩部則以VR影片式製作VR宣講影片，主要內容呈現華山、石流、土義、義農、外教室之教學設施為主。</p> <p>2. 除製作VR影片外，亦針對中部大學院校學生實施學習施測，利用智慧型手機與VR頭戴裝置觀看，並採用相依樣本t考驗分析。</p> <p>3. 由實證研究之結果可發現，在沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能與臨場感等都有顯著差異。故利用此計畫產出VR電子書之宣導性教材影片有助於學習水土保持及防災觀念且達到快速宣導效果。</p>                         | <p>1. 官網、e-learning、FB等進行推廣與加值。</p> <p>2. 此計畫VR電子書部分可即時上傳學習回饋資料至雲端資料庫，有助於提供水保局後續效益分析。</p> |
| 台灣農村社區先期研究              | <p>1. 檢視農村再生條例相關子法，提出因應現階段氣候變遷之調整建議，作為後續推動各項調適策略法令基礎。</p> <p>2. 檢視農村再生總體計畫研擬架構，提出縣市政府因應現階段氣候變遷調適策略之調整建議，作為後續引導農村社區落實氣候變遷調適之依據。</p> <p>3. 完成台灣韌性農村社區發展模式之建構與驗證：首先將透過文獻回顧與案例分析方式界定台灣韌性農村社區，進而建構台灣韌性農村社區評估架構及指標。</p> <p>4. 就推動「水土保持與農村再生技術南向策略」目標，首先回顧與歸納分析歷年水土保持與農村再生計畫與技術，依照不同議題面向之架構進行彙整。</p> <p>5. 於東協十國中擇定先期研究目標國家，進行其水土保持與農村再生技術進行現況與需求調查。</p> | <p>1. 完成台灣韌性農村社區評估體系之建構：利用模糊德爾非法專家問卷訂定七大韌性農村社區運作之權重為最高。</p> <p>2. 完成質性訪談實證研究結果，根據青年農民訪談之結果，24個次準則在所有訪談中皆有50%以上被選出，其中以農會產銷班數於訪談內容中被提及最多次(80%)。</p> <p>3. 南向國家水土保持與農村再生合作可能性結論，綜合歸納上述訪談15位國內外專家學者之結果，發現本研究目標國皆對學術、技術交流與人力培育與農村再生成功經驗移植有合作意願，另外泰國、越南與尼泊爾皆有建交常態雙邊交流合作意願。</p> | 建議持續與相關領域專家討論，並作為韌性農村評估制度建立時參考依據。   |
| 以里山倡議精神營造農村文化景觀之研究-苗栗鎮區 | <p>1. 以里山倡議精神進行苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區生態與文化景觀之研究。</p> <p>2. 本研究資料包括文獻回顧與資料蒐集，了解蕉埔社區資源，以及議題，並且進行實地勘察、訪談、環境教育活動，並透過問卷調查，</p>   | <p>1. 完成蕉埔社區水利系統、農業地景、交通系統、信仰廟宇、機構設施等實地調查與紀錄。</p> <p>2. 本計畫是在45~54歲里山倡議的觀念的農友友善農法，協助行銷友善農作產品，共同發</p>   | <p>1. 建議後續可輔導本計畫之研究地區一蕉埔社區為農再社區。</p> <p>2. 透由農再社區成立，再進一步規劃朝里山倡議精神永續農村社區方向發展。</p>          |

| 計畫名稱              | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果  | 計畫亮點  |
|-------------------|---|---|---|
|                   | 深入了解社區自然與人文資源，並將資料進行質性與量化分析與整理。   | <p>展可持續性的農作模式。越年青的居民越重視在地傳統水利、傳統疊石工法等文化地景。</p> <p>3. 當地老化程度達「超高齡社會」，勞動人口嚴重不足，45歲以上中老年人口達59.8%，需透過多項措施協助居民規劃推廣農村再生。</p> <p>4. 經訪談，當地急需協助的三項措施：(1)改善的水利設施，促進農作的生產。(2)增加防災設施與系統。(3)協助小農推展銷售市場。</p>   |   |
| 農村再生區域發展潛力及跨域整合研究 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 整合區域亮點特色資源、環境因子、社會經濟條件及社群眾資訊等，建構區域發展潛力分析模式。</li> <li>2. 以資源整合多面向分析架構，作為產業跨域及區域亮點計畫評估依據，挖掘更多具潛力發展區域。</li> <li>3. 透過大尺度區域統計及微觀農村特性，以系統化方式進行農村跨域空間統計及整合策略分析應用。</li> <li>4. 藉由潛力分析結果，針對各農村區域提出整體發展建議及策略，作為未來相關計畫推動之參考依據。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 有別於傳統區位分析方式，此計畫主要探討「民眾打卡語意剖析」及「農村發展評估因子」之對比，研析民眾觀感與現況資源的落差，方能對農村區域潛力發展有較為精準的評估。其中，各區域發展主軸、特色及條件均有所差異，且打卡數量多寡絕非判斷區域潛力基準，更需透過語意頗析、發展評估因子比較，方能區域潛力發展有較為精準的評估。</li> <li>2. 結合空間地理資訊與民眾打卡語意剖析更詳細探討每一區域發展現況與潛力，再將各項指標標準化後，亦能合理進行評估分析，並且挖掘區域亮點。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此計畫利用志願者地理資訊(VGI)進行農再區域發展潛力及跨域整合，由其結果顯示此方法不僅能有效檢視既有計畫推動之成果，並提供發展建議及策略，更能挖掘其他區域之亮點，惟現有資料完整性、適切性與效度仍應因時、事、地制宜調整。</li> <li>2. 另，此計畫之方法可被參考應用於其他領域或資料探勘，例如於坡地防災上，針對每次事與，展現其效益。</li> </ol> |

## 第八章 結語

106 年度創新研究計畫經 4 週公開徵求後，各公私立大學及法人團體共研提 73 件。而在研提單位廣度上，本年度計畫共計 31 個學研單位進行研提，其中國立大學計 16 所為最多。另外，比較公開徵求之議題與研提案件後，可發現本年度約有 52% 之研提題目與本局公開徵求議題相關。

經評審會議後，本年度共計核定 42 件計畫，其中基礎調查與研究領域佔 10 件為最多，其次分別為軟體防災對策與農村再生領域各佔 9 件。而比較公開徵求之議題與核定案件後，可發現本年度核定案件與公開徵求議題相關者，約為總申請案件之 31%；另核定案件與公開徵求議題較無關聯性者，約為總申請案件 26%。

在計畫成果方面，每一案均先由計畫執行單位進行自評，再由業務單位針對計畫成果進行評估。統計自評結果，本年度計產出國內(外)研討會論文 29 篇、國內(外)期刊論文 6 篇及碩博士論文 13 篇。另於此 42 件計畫之自評表統計中，亦可發現在技術應用面上，以「有助於跨領域技術整合」項目共計 26 件為最多；在學術創新面上，則以「有助於基礎科學發展」共計 25 件為最多；在制度與其他面上，則由「有助於擬定前瞻策略」共計 27 件為最多。而在各業務單位針對計畫之成果評估中，則以工程技術發展領域(計 8 件)評估為「已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目」5 件及「可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目」2 件，所佔比例最高；而在農村再生領域(計 9 件)及軟體防災對策領域(計 9 件)則評估為「尚未有具體成果，但有發展潛力」比例較高，分別為 7 件及 5 件。

整體而言，本年度創研計畫之學術研究產出豐碩，在跨領域技術整合與基礎科學發展等方面皆亦有諸多成果；惟於專利產出、技術手

冊修正或產出及有助於法規修正等方面相對著墨較少。而在成果評估上，亦可發現本年度已有具體成果之案件多分布於「工程技術發展」、「基礎調查與研究」與「前瞻策略與機制推動」等三個領域，建議各業務組(中心)持續追蹤已有具體成果之案件，並將其創新思維應用於水土保持領域，以提昇相關業務效能。此外，本報告亦針對 42 件計畫成果進行綜合評估，並提出相關建議；其中建議可列入本局未來業務推動之計畫亮點者計有 12 件，可作為後續業務應用時之參考。

## 附錄

## 附錄一 計畫公開徵求相關研究議題

| 領域  | 說明  | 備註   |
|---|---|--|
| 前<br>瞻<br>策<br>略<br>與<br>機<br>制<br>推<br>動 | <p>1.本領域相關之創新型研究。</p> <p>2.茲列舉本領域相關議題供參：</p> <p>(1)專業委託服務成果之第三方驗證機制研究及政策研擬</p> <p>(2)水土保持專業課程規劃、培訓制度及認證機制研究及政策研擬</p> <p>(3)國內外中央支援地方政府進行災害緊急調查、評估機制研究及政策研擬</p> <p>(4)國內外使用多元工具、圖資於坡地調查規劃、勘災應用案例研究及示範</p> <p>(5)坡地管理、坡地防災、疏散避難等新策略之研究</p> <p>(6)氣候變遷調適策略研擬</p> | <p>具有高技術門檻，例如空間資料(正射影像、DSM、DEM等圖資)及其他新技術、新工法，其成果正確性不易檢核，需建立第三方專業驗證，以確保成果有效性。</p> <p>為提昇水土保持專業，需整體規劃專業課程、培訓制度，課程包括水土資源調查、觀測、分析、規劃、設計、工程管理、資訊應用、防災應變、法規、生態保育及生物調查等專業課程。同時為有效應用此培訓資源，可考量規劃開放名額給產官學研界參與，並採認證機制，以提昇國內整體水土保持專業。</p> <p>例如「緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)」是日本國土交通省特有的任務編隊，由砂防、水利、道路、建築、通信等具專長成員組成，對廣域、複合型大規模災害，可有效應變與支援。研析國內外，如日本 TEC-FORCE 之架構、教育訓練、派遣方式、指揮機制及相關法令，規劃本局成立坡地災害 TEC-FORCE 之相關機制。</p> <p>蒐集國內外利用歷史航拍、高解析光學衛星、UAV 空拍(正射圖、DSM、720 度環景)、空載光達、古地圖等多元圖資，應用於坡地調查規劃、勘災等應用示範，並訂定品質檢核規範。</p> |

| 領域     | 說明   | 備註   |
|--------|--|--|
| 工程技術發展 | <p><b>1.本領域相關之創新型研究。</b></p> <p><b>2.茲列舉本領域相關議題供參：</b></p> <p>(1)國內外新工法、技術、材料推薦機制研析及政策研擬</p> <p>(2)國內外水土保持創新技術及優良工程評鑑制度研析及政策研擬</p> <p>(3)國內外無人化機械施工導入坡地搶救災可行性評估</p> <p>(4)虛擬空間擬真、混真模擬技術與軟體工具於水土保持領域應用評估與示範</p> <p>(5)國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究</p> <p>(6)水土保持基礎設施生命週期管理措施之研究及政策研擬</p> <p>(7)不同地質、地形及水文條件下集水區防砂設施基礎深度設計合理性之研究</p> <p>(8)土石流對防砂構造物或建物之衝擊破壞評估與模擬相關研究</p> <p>(9)不同護岸工法對溪流水理的機能評估研究</p> | <p>研析國內外新工法、技術及材料之評析與推薦機制，擬訂「新工法、技術、材料」試辦計畫，結合產官學研界資源，共同參與推動水土保持產業活化與創新，提升水土保持技術。</p> <p>研擬「水土保持創新技術及優良工程評鑑制度」，透由公開表揚，促進產官學研共同提升水土保持創新技術、研發能力及推動產業發展，並評估本局目前具專利申請潛力之創新技術，厚植技術本位。</p> <p>為降低坡地災害搶救災工作的風險，評估無人化機械施工導入國內坡地搶救災工作可行性。</p> <p>透過 BIM、VR、AR 等 3D 模擬技術將水土保持工程構造物予以數值 3D 視覺化，探討工程管考系統進化，提升成果展示之多元應用可行性評估。</p> <p>國內外集水區保育治理工程實施環境友善及生態檢核培訓認證制度研究，規劃民眾參與、生態考量、環境倫理、野溪治理…等面向教育訓練課程。</p> |
| 軟體防災對策 | <p><b>1.本領域相關之創新型研究。</b></p> <p><b>2.茲列舉本領域相關議題供參：</b></p> <p>(1)電信基地台無線通訊或微波訊號輔助雨量觀測之可行性評估</p>  | <p>台灣山區集水區降雨受地形及高程之影響，空間降雨變異性極大。評估以山區電信基地台共構增設雨量站及無線通訊微波訊號輔助雨量觀測之可行性，以提昇山區降雨觀測空間解析精度。</p>  |

| 領域      | 說明   | 備註  |
|---------|--|---|
|         | <p>(2)整合型土砂災害預警機制研究</p> <p>(3)導入物聯網架構應用於坡地監測之評估研究</p> <p>(4)坡地災害風險評估與風險分攤機制探討及政策研擬</p> <p>(5)古地名、諺語及古籍等與地區災害潛勢相關性之研究</p> <p>(6)災害潛勢圖呈現方式、土砂災害警戒發布型式、資訊與地方政府及民眾風險認知之相關研究</p> <p>(7)山區聚落疏散避難方式、通報及疏散所需時間等評估方式相關研究。</p> | <p>新一代土砂災害預報模式之研究，期能提供具有情境模擬能力之整合型土砂災害預警。</p> <p>隨著物聯網技術日趨成熟，相關設備成本快速降低，評估坡地監測導入物聯網架構，以建立全流域監測能力。</p> <p>探討坡地災害風險評估與風險分攤機制。</p> |
| 管理與法規研析 | <p><b>1.本領域相關之創新型研究。</b></p> <p><b>2.茲列舉本領域相關議題供參：</b></p> <p>(1)國內外土砂災害基礎調查、警戒區域劃定方法比較及管理作為之探討</p> <p>(2)國內外土砂災害高潛勢區劃設防災綠帶方法研析及評估</p>   | <p>選擇1處以上集水區為例，例如以日本急傾斜崩塌、土石流、地滑等土砂災害基礎調查、警戒區域劃定方法，辦理台灣集水區基礎調查、警戒區域劃定，與台灣目前方法比較，並探討相關管理作為。</p>                                  |
| 基礎調查與研究 | <p><b>1.本領域相關之創新型研究。</b></p> <p><b>2.茲列舉本領域相關議題供參：</b></p> <p>(1)坡地主要作物土壤沖蝕特性及保育研究</p> <p>(2)防砂設施整治效益評估模式之建立與示範</p> <p>(3)河道土砂流出量觀測系統設置與研究</p>   | <p>調查主要作物土壤沖蝕特性，研提降低坡面沖蝕相關改善精進技術方法。</p> <p>藉由集水區土砂運移、收支等現地觀測、分析，評估防砂設施整治後對於中下游保全對象影響，包括直接或間接效益，並檢討防砂設施規劃型式對於生態環境之干擾。</p>        |

| 領域   | 說明  | 備註 |
|------|---|----|
|      | <p>(4)集水區土砂收支、土砂容許流出量及逕流分攤研究</p> <p>(5)土砂災害觀測、監測及通訊傳輸整合技術研發</p> <p>(6)利用地形地貌演育特徵判識大規模崩塌潛勢區域之可行性評估</p> <p>(7)深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究</p> <p>(8)熱雷雨造成山洪爆發預警機制先期研究</p> <p>(9)大規模土砂生產及運移之衝擊影響評估及處置方案相關研究</p> <p>(10)土砂生產、運移及河床變化等觀測方式開發</p> <p>(11)集水區土砂生產評估方式開發</p> <p>(12)使用遙測技術評估山區土壤含水量長期變化及災害潛勢相關研究</p> <p>(13)地震對於山區災害潛勢影響之量化評估方式</p> <p>(14)堰塞湖危險度快速評估方式與潰壩模擬相關研究</p> <p>(15)坡面植生裸露後對土砂災害潛勢影響之量化評估</p> <p>(16)一維及二維動床模擬本土模式之開發</p> <p>(17)土壤水份變化與崩塌關連性之觀測及分析方式開發</p> <p>(18)豪雨期間集水區土砂及流木量體評估方式開發</p> <p>(19)地震或強降雨後集水區坡面不穩定土砂量體評估方式開發</p> |    |
| 農村再生 | <p><b>1.本領域相關之創新型研究。</b></p> <p><b>2.茲列舉本領域相關議題供參：</b></p> <p>(1)農村基礎資料之調查與分析研究</p> <p>(2)國內外相關農村政策之趨勢與分析</p> <p>(3)農村閒置空間活化再利用之可行性評估</p> <p>(4)營造生態農村實踐里山倡議精神之規劃研究</p>   |    |

| 領域 | 說明  | 備註 |
|----|---|----|
|    | (5)智慧農村結合社區自主防災系統之研究<br>(6)農村農業遺產及文化保存之研究<br>(7)農村社區產業經營回饋機制之探討<br>(8)青年及新住民投入農村發展模式之研究<br>(9)農村發展應用大數據資訊趨勢之研究分析<br>(10)國土資訊提供農村決策之互動研究分析<br>(11)國土計畫法新架構之農村發展因應研究分析<br>(12)氣候變遷下韌性農村對策研析<br>(13)小農產業整合行銷平台研究 |    |

## 附錄二 計畫辦理期程

| 日期   | 期程  | 辦理工作  |
|--|-----|---|
| <b>105 年</b><br>12 月 02 日~12 月 31 日  | 4 週 | 公開徵求 106 年度創新研究計畫。  |
| <b>106 年</b><br>01 月 06 日~01 月 16 日<br>01 月 25 日<br>02 月 11 日<br>02 月 13 日 | 5 週 | 各業務組(中心)初審，並彙編計畫書(4 大冊)。<br>審查會議(分 3 場地同時進行)。<br>核定審查結果。<br>通知審查結果。   |
| 02 月 13 日~02 月 24 日<br>02 月 24 日~03 月 20 日                                 | 5 週 | 單一計畫書審查。<br>將審查意見通知研提機關，並送主計室審查(各業務組共審查 2 次，主計室 1 次)。   |
| 03 月 20 日~04 月 13 日  | 3 週 | 將單一計畫轉細部計畫，並編擬統籌計劃，而後進行核定。  |
| 08 月 01 日~08 月 03 日  | 3 日 | 期中審查會議。   |
| 11 月 14 日~11 月 15 日  | 2 日 | 計畫現地查核(依比例共查核 3 件)。<br>1. 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估(國立中央大學)<br>2. 土石流災害保險制度可行性之研究(國立交通大學)<br>3. 基於農村四好欣模式 - 活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制(財團法人慈心有機農業發展基金會) |
| 11 月 28 日~12 月 04 日  | 1 週 | 期末審查會議。   |

## 附錄三 各界研提案件明細

| 序號 | 計畫中文名稱   | 提送機關名稱                | 計畫主持人 | 申請補助費(元)  | 領域類別      | 業務單位    |
|----|--|-----------------------|-------|-----------|-----------|---------|
| 1  | 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估            | 中央研究院                 | 郭志禹   | 1,000,000 | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 2  | 建構低功耗無線定位感知網路及人流分析系統進行山區聚落疏散所需時間之評估研究-以九份聚落為例  | 中央研究院                 | 黃彥男   | 1,000,000 | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 3  | 整合坡地監測及 UAV 影像及 4D 視覺化雲端操作系統                   | 中原大學                  | 張達德   | 980,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 4  | 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                          | 台灣樂活有機農業協會            | 李鴻圖   | 999,800   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 5  | 結合無人飛行載具航拍與三維動態平台於土石災害潛勢地區監測之研究                | 明新科技大學                | 張崑宗   | 993,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 6  | 以新材料提高地球物理調查山坡岩體弱面區位辨識度之方法研發                   | 明新科技大學                | 郭治平   | 862,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 7  | 里山保育-生態守護與環境教育計畫                               | 社團法人台灣環境資訊協會          | 孫秀如   | 838,910   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 8  | 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度                      | 建國科技大學                | 林喻峰   | 871,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 9  | 以 BIM 及虛擬技術協助水土保持工程規劃設計及工地環域模擬之可行性研究           | 建國科技大學                | 彭思顯   | 800,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 10 | 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                             | 財團法人成大研究發展基金會         | 李鎮鍵   | 1,090,000 | 農村再生      | 農村建設組   |
| 11 | 氣候變遷下韌性農村之對策研究                                 | 財團法人成大研究發展基金會         | 陳俞旭   | 1,000,000 | 前瞻策略與機制推動 | 農村建設組   |
| 12 | 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究                         | 財團法人成大研究發展基金會         | 蔡元融   | 1,000,000 | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 13 | 日本土石災害中央及地方政府支援與協力機制研究-以緊急災害對策派遣隊(TEC-FORCE)為例 | 財團法人成大研究發展基金會         | 賴文基   | 1,180,000 | 前瞻策略與機制推動 | 技研小組    |
| 14 | 衛星雷達影像產製數值地形應用於土石生產分析之可行性評估                    | 財團法人私立長榮大學            | 曾志民   | 900,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 15 | 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                          | 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 | 楊尊華   | 999,189   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 16 | 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                             | 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 | 廖宇慶   | 1,000,000 | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 17 | 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制                | 財團法人慈心有機農業發展基金會       | 陳榮宗   | 915,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 18 | 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究                         | 財團法人農業工程研究中心          | 簡傳彬   | 950,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 19 | 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                               | 國立中央大學                | 周憲德   | 950,000   | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 20 | 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估             | 國立中央大學                | 姜壽浩   | 960,000   | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 21 | 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)                     | 國立中央大學                | 洪汶宜   | 998,750   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 22 | 濱水植物區之土壤沖蝕特性及邊坡保育研究                            | 國立中興大學                | 王咏潔   | 950,000   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 23 | 小農產業整合行銷平台之研究                                  | 國立中興大學                | 吳志文   | 950,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 24 | 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                          | 國立中興大學                | 吳振發   | 900,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 25 | 台灣天然林降雨截留效應(以蓮華池為例)                            | 國立中興大學                | 宋國彰   | 1,000,000 | 基礎調查與研究   | 監測管理組   |
| 26 | 以河床變動序率模式結合堰塞湖潰壩演算推估山區河川形貌變化                   | 國立中興大學                | 洪啟耀   | 1,000,000 | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 27 | 考慮地形演育與地質特性判釋大規模崩塌潛勢                           | 國立中興大學                | 張光宗   | 923,910   | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 28 | 水土保持與農村再生技術南向策略之先期研究                           | 國立中興大學                | 陳思宏   | 782,000   | 前瞻策略與機制推動 | 綜合企劃組   |

| 序號 | 計畫中文名稱                                  | 提送機關名稱     | 計畫主持人 | 申請補助費(元)  | 領域類別      | 業務單位    |
|----|---|------------|-------|-----------|-----------|---------|
| 29 | 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)          | 國立中興大學     | 陳豪吉   | 902,048   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 30 | 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討                  | 國立中興大學     | 陳樹群   | 800,000   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 31 | 虛擬實境於水土保持工程應用之前瞻研究                      | 國立中興大學     | 楊明德   | 970,000   | 工程技術發展    | 技研小組    |
| 32 | 應用30年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略                | 國立中興大學     | 蔡慧萍   | 600,000   | 前瞻策略與機制推動 | 保育治理組   |
| 33 | 以嶄新3D地形表現技術(H.O.S.T地圖)輔助地形判釋            | 國立中興大學     | 蕭宇伸   | 1,000,000 | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 34 | 土石流災害保險制度可行性之研究                         | 國立交通大學     | 單信瑜   | 800,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 35 | 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                       | 國立成功大學     | 張文忠   | 992,000   | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 36 | 利用深度學習研製具自我學習之智慧型水土保持影像檢索系統之研究          | 國立虎尾科技大學   | 蔡鴻旭   | 995,000   | 前瞻策略與機制推動 | 綜合企劃組   |
| 37 | 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析               | 國立虎尾科技大學   | 蔡鴻旭   | 900,000   | 前瞻策略與機制推動 | 綜合企劃組   |
| 38 | 光譜儀遙測應用在土壤水分監測可行性評估                     | 國立屏東科技大學   | 江介倫   | 995,000   | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 39 | 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)                 | 國立屏東科技大學   | 吳嘉俊   | 460,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 40 | 重大土砂災害後河道土砂沖淤特性變異對流心穩定性及工程規劃設置之影響評估     | 國立屏東科技大學   | 李明熹   | 1,000,000 | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 41 | 建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部沉積岩及變質岩區   | 國立屏東科技大學   | 陳天健   | 975,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 42 | 以灰關聯分析評比農村社區發展潛力之研究                     | 國立屏東科技大學   | 賴顯松   | 759,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 43 | 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究                         | 國立屏東科技大學   | 謝啟萬   | 868,140   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 44 | 地工防沖蝕毯(RECPs)施作與鋪設方式對植生發展與沖蝕特性之影響       | 國立屏東科技大學   | 謝啟萬   | 859,660   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 45 | 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益              | 國立屏東科技大學   | 簡士濠   | 1,000,000 | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 46 | 以四旋翼無人機系統酬載熱感應器進行土石流監測資料蒐集之研究           | 國立政治大學     | 邱式鴻   | 999,220   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 47 | 泥岩惡地邊坡崩塌潛勢評估-以高雄燕巢區為例                   | 國立高雄大學     | 翁孟嘉   | 1,000,000 | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 48 | 以物聯網建構智慧雨量計觀測服務平台                       | 國立高雄第一科技大學 | 周棟祥   | 960,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 49 | 智慧農村結合社區自主防災系統之研究                       | 國立雲林科技大學   | 蔡慕凡   | 979,458   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 50 | 應用多點式傾斜計之角度變化推估大規模崩塌範圍與警戒值              | 國立嘉義大學     | 李嶸泰   | 396,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 51 | 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究                 | 國立嘉義大學     | 陳建元   | 900,000   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 52 | 六級化產業在地實踐之創新行動計畫-以桃米茭白筍產業為例             | 國立暨南國際大學   | 鄭健雄   | 972,216   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 53 | 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究                  | 國立臺中教育大學   | 賴志松   | 975,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 54 | 公民參與之坡地災害土壤含水量監測應用研究                    | 國立臺北科技大學   | 張哲豪   | 723,146   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 55 | 衛星遙測資料結合時空間推估技術於坡地土壤含水量時空分佈之推估          | 國立臺灣大學     | 余化龍   | 1,000,000 | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 56 | 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究                 | 國立臺灣大學     | 李玲玲   | 950,000   | 前瞻策略與機制推動 | 保育治理組   |
| 57 | 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究   | 國立臺灣大學     | 胡明哲   | 994,392   | 管理與法規研析   | 監測管理組   |
| 58 | 應用巨量資料時空分析技術進行土石流異常事件偵測系統之發展-以陳有蘭溪集水區為例 | 國立臺灣大學     | 范正成   | 994,173   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 59 | 智慧化土石流預警系統建置(2)                         | 國立臺灣大學     | 黃宏斌   | 600,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 60 | 物聯網於土砂災害預警與防護之應用                        | 國立臺灣大學     | 葛宇甯   | 948,618   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |

| 序號 | 計畫中文名稱                              | 提送機關名稱         | 計畫主持人 | 申請補助費(元)  | 領域類別      | 業務單位    |
|----|-------------------------------------|----------------|-------|-----------|-----------|---------|
| 61 | 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例 | 國立臺灣師範大學       | 李素馨   | 985,873   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 62 | 臺灣重要水庫集水區尺度土壤沖蝕分析模式開發               | 淡江大學           | 張德文   | 408,900   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 63 | 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究        | 逢甲大學           | 何智超   | 960,000   | 前瞻策略與機制推動 | 保育治理組   |
| 64 | 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發           | 逢甲大學           | 吳銘順   | 870,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 65 | 耗材式無線測距儀之研發與應用                      | 逢甲大學           | 林秉賢   | 965,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 66 | BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                | 逢甲大學           | 林保宏   | 990,000   | 工程技術發展    | 保育治理組   |
| 67 | 颱風時期空間致災風險推論系統之建置研究                 | 逢甲大學           | 陳昶憲   | 960,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 68 | 土石流災害防救兵棋推演情境與狀況課題生成系統建置之研究         | 逢甲大學           | 陳柏蒼   | 980,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 69 | QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析             | 逢甲大學           | 黃碧慧   | 980,000   | 軟體防災對策    | 土石流防災中心 |
| 70 | 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究               | 逢甲大學           | 葉美伶   | 980,000   | 農村再生      | 農村建設組   |
| 71 | 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立-以 921 地震為例         | 逢甲大學           | 謝孟勳   | 860,000   | 基礎調查與研究   | 保育治理組   |
| 72 | 深層崩塌地與水文地質特性研究                      | 華梵大學           | 程向榮   | 1,000,000 | 基礎調查與研究   | 土石流防災中心 |
| 73 | 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究         | 醒吾學校財團法人醒吾科技大學 | 張李治華  | 995,000   | 農村再生      | 農村建設組   |

## 附錄四 核定補助案件明細

| 序號 | 領域類別      | 計畫中文名稱                                | 提送機關名稱                | 計畫主持人 | 審查單位    | 初審補助款(元) |
|----|-----------|---------------------------------------|-----------------------|-------|---------|----------|
| 1  | 基礎調查與研究   | 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究                | 財團法人成大研究發展基金會         | 蔡元融   | 土石流防災中心 | 800,000  |
| 2  | 基礎調查與研究   | 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估    | 國立中央大學                | 姜壽浩   | 土石流防災中心 | 864,000  |
| 3  | 基礎調查與研究   | 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                      | 國立中央大學                | 周憲德   | 土石流防災中心 | 750,000  |
| 4  | 基礎調查與研究   | 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                     | 國立成功大學                | 張文忠   | 土石流防災中心 | 893,000  |
| 5  | 基礎調查與研究   | 深層崩塌地與水文地質特性研究                        | 華梵大學                  | 程向榮   | 土石流防災中心 | 900,000  |
| 6  | 軟體防災對策    | 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估   | 中央研究院                 | 郭志禹   | 土石流防災中心 | 900,000  |
| 7  | 軟體防災對策    | 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                    | 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 | 廖宇慶   | 土石流防災中心 | 900,000  |
| 8  | 軟體防災對策    | 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                 | 財團法人國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 | 楊尊華   | 土石流防災中心 | 899,000  |
| 9  | 軟體防災對策    | 土石流災害保險制度可行性之研究                       | 國立交通大學                | 單信瑜   | 土石流防災中心 | 720,000  |
| 10 | 軟體防災對策    | 建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部沉積岩及變質岩區 | 國立屏東科技大學              | 陳天健   | 土石流防災中心 | 878,000  |
| 11 | 軟體防災對策    | 智慧化土石流預警系統建置(2)                       | 國立臺灣大學                | 黃宏斌   | 土石流防災中心 | 540,000  |
| 12 | 軟體防災對策    | QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析               | 逢甲大學                  | 黃碧慧   | 土石流防災中心 | 882,000  |
| 13 | 軟體防災對策    | 颱風時期空間致災風險推論系統之建置研究                   | 逢甲大學                  | 陳昶憲   | 土石流防災中心 | 864,000  |
| 14 | 軟體防災對策    | 耗材式無線測距儀之研發與應用                        | 逢甲大學                  | 林秉賢   | 土石流防災中心 | 800,000  |
| 15 | 工程技術發展    | 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度             | 建國科技大學                | 林喻峰   | 保育治理組   | 784,000  |
| 16 | 工程技術發展    | 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估           | 財團法人私立長榮大學            | 曾志民   | 保育治理組   | 810,000  |
| 17 | 工程技術發展    | 以嶄新 3D 地形表現技術(H.O.S.T 地圖)輔助地形判釋       | 國立中興大學                | 蕭宇仲   | 保育治理組   | 900,000  |
| 18 | 工程技術發展    | 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益            | 國立屏東科技大學              | 簡士濠   | 保育治理組   | 900,000  |
| 19 | 工程技術發展    | 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)               | 國立屏東科技大學              | 吳嘉俊   | 保育治理組   | 460,000  |
| 20 | 工程技術發展    | 仿植生根系錨釘固土特性之研究                        | 國立屏東科技大學              | 謝啟萬   | 保育治理組   | 781,000  |
| 21 | 工程技術發展    | BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                  | 逢甲大學                  | 林保宏   | 保育治理組   | 891,000  |
| 22 | 工程技術發展    | 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發             | 逢甲大學                  | 吳銘順   | 保育治理組   | 783,000  |
| 23 | 前瞻策略與機制推動 | 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略            | 國立中興大學                | 蔡慧萍   | 保育治理組   | 540,000  |
| 24 | 前瞻策略與機制推動 | 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究               | 國立臺灣大學                | 李玲玲   | 保育治理組   | 855,000  |
| 25 | 前瞻策略與機制推動 | 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究          | 逢甲大學                  | 何智超   | 保育治理組   | 864,000  |
| 26 | 基礎調查與研究   | 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)            | 國立中央大學                | 洪汶宜   | 保育治理組   | 899,000  |
| 27 | 基礎調查與研究   | 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討                | 國立中興大學                | 陳樹群   | 保育治理組   | 720,000  |
| 28 | 基礎調查與研究   | 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)        | 國立中興大學                | 陳豪吉   | 保育治理組   | 812,000  |

| 序號 | 領域類別      | 計畫中文名稱                                | 提送機關名稱          | 計畫主持人 | 審查單位  | 初審補助款(元) |
|----|-----------|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|----------|
| 29 | 基礎調查與研究   | 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土石生產量之研究               | 國立嘉義大學          | 陳建元   | 保育治理組 | 810,000  |
| 30 | 基礎調查與研究   | 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立—以 921 地震為例           | 逢甲大學            | 謝孟勳   | 保育治理組 | 650,000  |
| 31 | 前瞻策略與機制推動 | 里山保育-生態守護與環境教育計畫                      | 社團法人台灣環境資訊協會    | 孫秀如   | 農村建設組 | 755,000  |
| 32 | 農村再生      | 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                 | 台灣樂活有機農業協會      | 李鴻圖   | 農村建設組 | 900,000  |
| 33 | 農村再生      | 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                    | 財團法人成大研究發展基金會   | 李鎮鍵   | 農村建設組 | 800,000  |
| 34 | 農村再生      | 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制       | 財團法人慈心有機農業發展基金會 | 陳榮宗   | 農村建設組 | 833,000  |
| 35 | 農村再生      | 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究                | 財團法人農業工程研究中心    | 簡傳彬   | 農村建設組 | 800,000  |
| 36 | 農村再生      | 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                 | 國立中興大學          | 吳振發   | 農村建設組 | 900,000  |
| 37 | 農村再生      | 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究                | 國立臺中教育大學        | 賴志松   | 農村建設組 | 940,000  |
| 38 | 農村再生      | 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例   | 國立臺灣師範大學        | 李素馨   | 農村建設組 | 890,000  |
| 39 | 農村再生      | 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                 | 逢甲大學            | 葉美伶   | 農村建設組 | 950,000  |
| 40 | 管理與法規研析   | 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究 | 國立臺灣大學          | 胡明哲   | 監測管理組 | 895,000  |
| 41 | 前瞻策略與機制推動 | 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析             | 國立虎尾科技大學        | 蔡鴻旭   | 綜合企劃組 | 810,000  |
| 42 | 農村再生      | 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究           | 醒吾學校財團法人醒吾科技大學  | 張李治華  | 綜合企劃組 | 900,000  |

## 附錄五 計畫執行單位自評明細表

| 計畫中文名稱                               | 技術應用面 |       |            |         |                       |
|--------------------------------------|-------|-------|------------|---------|-----------------------|
|                                      | 專利產出  | 新技術產出 | 有助於跨領域技術整合 | 有助於產業發展 | 產出技術手冊或可供本局現有技術手冊修訂參考 |
| 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究               | 無     | 無     | 無          | 是       | 是                     |
| 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估   | 無     | 是     | 是          | 無       | 無                     |
| 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                     | 無     | 是     | 無          | 無       | 是                     |
| 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                    | 評估中   | 是     | 無          | 是       | 無                     |
| 深層崩塌地與水文地質特性研究                       | 評估中   | 是     | 無          | 無       | 無                     |
| 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估  | 無     | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                   | 無     | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 土石流災害保險制度可行性之研究                      | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 建立聚落周緣山坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部沉積岩及變質岩區 | 無     | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 智慧化土石流預警系統建置(2)                      | 無     | 是     | 是          | 是       | 是                     |
| QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析              | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究                  | 無     | 是     | 是          | 無       | 無                     |
| 耗材式無線測距儀之研發與應用                       | 評估中   | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度            | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估          | 無     | 是     | 是          | 無       | 無                     |
| 以嶄新 3D 地形表現技術(H.O.S.T 地圖)輔助地形判釋      | 已申請   | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益           | 無     | 是     | 是          | 是       | 是                     |
| 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)              | 無     | 是     | 無          | 無       | 無                     |
| 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究                      | 評估中   | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                 | 無     | 無     | 無          | 是       | 無                     |
| 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發            | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略           | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究              | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究         | 無     | 是     | 是          | 無       | 無                     |
| 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)           | 無     | 是     | 無          | 無       | 是                     |
| 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討               | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)       | 評估中   | 是     | 是          | 無       | 無                     |
| 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究              | 無     | 無     | 是          | 無       | 無                     |
| 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立-以 921 地震為例          | 無     | 是     | 是          | 是       | 無                     |
| 里山保育-生態守護與環境教育計畫                     | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                | 無     | 是     | 是          | 是       | 是                     |
| 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                   | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構 農村聚落關鍵住民之互惠機制     | 無     | 無     | 無          | 是       | 無                     |
| 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究               | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究               | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |
| 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例  | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                | 無     | 無     | 無          | 無       | 無                     |
| 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡土地可利用限度分類之可行性研究 | 無     | 是     | 無          | 無       | 是                     |
| 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析            | 無     | 無     | 是          | 是       | 是                     |
| 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究          | 無     | 無     | 是          | 是       | 無                     |

| 計畫中文名稱                                | 學術創新面    |           |           |          |          |          |        |
|---------------------------------------|----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|--------|
|                                       | 助於基礎科學發展 | 國內研討會發表篇數 | 國外研討會發表篇數 | 國內期刊發表篇數 | 國外期刊發表篇數 | 碩博士論文產出數 | 具體教案產出 |
| 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究                | 是        | 0         | 1         | 1        | 0        | 1        | 無      |
| 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估    | 是        | 0         | 2         | 0        | 準備中      | 1        | 無      |
| 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                      | 是        | 0         | 1         | 0        | 0        | 1        | 無      |
| 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                     | 無        | 0         | 1         | 0        | 撰寫中      | 1        | 無      |
| 深層崩塌地與水文地質特性研究                        | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與 廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估  | 是        | 0         | 1         | 0        | 0        | 1        | 無      |
| 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                    | 是        | 0         | 2         | 0        | 準備中      | 0        | 無      |
| 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                 | 是        | 準備中       | 準備中       | 撰寫中      | 撰寫中      | 0        | 無      |
| 土石流災害保險制度可行性之研究                       | 無        | 撰寫中       | 0         | 撰寫中      | 0        | 0        | 無      |
| 建立聚落周緣山坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南東部沉積岩及變質岩區 | 無        | 0         | 1         | 1        | 0        | 0        | 無      |
| 智慧化土石流預警系統建置(2)                       | 無        | 0         | 1         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析               | 是        | 2         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究                   | 是        | 1         | 0         | 0        | 0        | 1        | 是      |
| 耗材式無線測距儀之研發與應用                        | 是        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度             | 是        | 準備中       | 準備中       | 準備中      | 準備中      | 0        | 無      |
| 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估           | 是        | 0         | 1         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 以嶄新 3D 地形表現技術(H. O. S. T 地圖)輔助地形判釋    | 是        | 1         | 0         | 撰寫中      | 撰寫中      | 1        | 無      |
| 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益            | 是        | 0         | 0         | 0        | 0        | 1        | 無      |
| 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)               | 是        | 0         | 1         | 0        | 0        | 1        | 無      |
| 仿植生根系錨釘錨固特性之研究                        | 是        | 1         | 0         | 1        | 0        | 0        | 是      |
| BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                  | 無        | 1         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發             | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略            | 是        | 0         | 1         | 0        | 準備中      | 0        | 無      |
| 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究               | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究          | 是        | 1         | 1         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)            | 是        | 0         | 2         | 撰寫中      | 撰寫中      | 2        | 是      |
| 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討                | 無        | 0         | 0         | 1        | 0        | 0        | 無      |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)        | 是        | 撰寫中       | 0         | 撰寫中      | 0        | 撰寫中      | 無      |
| 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究               | 是        | 0         | 1         | 1        | 0        | 0        | 無      |
| 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立-以 921 地震為例           | 是        | 1         | 0         | 0        | 0        | 1        | 無      |
| 里山保育-生態守護與環境教育計畫                      | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                 | 是        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                    | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構 農村聚落關鍵住民之互惠機制      | 是        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究                | 無        | 撰寫中       | 0         | 撰寫中      | 0        | 0        | 無      |
| 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                 | 是        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究                | 無        | 0         | 0         | 0        | 0        | 0        | 是      |
| 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例   | 無        | 1         | 0         | 1        | 0        | 0        | 無      |
| 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                 | 是        | 1         | 0         | 0        | 0        | 1        | 是      |
| 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究 | 無        | 0         | 0         | 撰寫中      | 0        | 0        | 無      |
| 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析             | 無        | 0         | 1         | 0        | 0        | 0        | 無      |
| 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究           | 無        | 1         | 0         | 0        | 0        | 0        | 無      |

| 計畫中文名稱                                 | 制度與其他面 |        |         |        |          |
|--|--------|--------|---------|--------|----------|
|  | 改善行政服務 | 推動行政計畫 | 供法規修正參考 | 前瞻策略擬訂 | 助於社會經濟發展 |
| 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究                 | 無      | 無      | 是       | 是      | 無        |
| 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估     | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                       | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                      | 無      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 深層崩塌地與水文地質特性研究                         | 無      | 是      | 無       | 無      | 是        |
| 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估    | 無      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                     | 是      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                  | 是      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| 土石流災害保險制度可行性之研究                        | 是      | 是      | 是       | 是      | 是        |
| 建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南東部沉積岩及變質岩區 | 是      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 智慧化土石流預警系統建置(2)                        | 無      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析                | 無      | 是      | 無       | 無      | 無        |
| 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究                    | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 耗材式無線測距儀之研發與應用                         | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度              | 無      | 無      | 無       | 無      | 是        |
| 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估            | 無      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 以嶄新 3D 地形表現技術(H. O. S. T 地圖)輔助地形判釋     | 無      | 無      | 無       | 是      | 是        |
| 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益             | 無      | 無      | 是       | 是      | 是        |
| 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)                | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究                        | 無      | 無      | 無       | 無      | 是        |
| BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                   | 無      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發              | 是      | 是      | 無       | 是      | 無        |
| 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略             | 無      | 是      | 無       | 是      | 無        |
| 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究                | 無      | 是      | 無       | 是      | 無        |
| 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究           | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)             | 無      | 無      | 是       | 無      | 無        |
| 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討                 | 是      | 是      | 是       | 是      | 是        |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)         | 無      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究                | 無      | 無      | 無       | 無      | 無        |
| 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立-以 921 地震為例            | 無      | 是      | 無       | 無      | 無        |
| 里山保育-生態守護與環境教育計畫                       | 無      | 無      | 無       | 是      | 是        |
| 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                  | 是      | 是      | 是       | 是      | 是        |
| 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                     | 是      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制        | 無      | 無      | 無       | 是      | 是        |
| 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究                 | 無      | 無      | 無       | 是      | 是        |
| 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                  | 無      | 是      | 無       | 是      | 是        |
| 農村黃金遊程結合國旅卡振興與國民旅遊方案之研究                | 無      | 是      | 無       | 無      | 是        |
| 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例    | 無      | 無      | 無       | 無      | 是        |
| 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                  | 是      | 是      | 是       | 是      | 是        |
| 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究  | 無      | 無      | 無       | 是      | 無        |
| 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析              | 是      | 無      | 無       | 是      | 是        |
| 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究            | 無      | 是      | 無       | 無      | 是        |

| 計畫中文名稱                               | 備註                            |                   |  |   |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------|--|---|
|                                      | 專利名稱                          | 新技術名稱             | 研討會名稱  | 期刊名稱  |
| 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究               | 無                             | 無                 | 2018 InterPreavent   | 中華防災學刊  |
| 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估   | 無                             | 無                 | The 38th Asian Conference on Remote Sensing  | Natural Hazards and Earth System Sciences           |
| 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定                     | 無                             | 無                 | 2017 海峽兩岸水土保持學術研討會   | 無   |
| 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                    | 無                             | 水力學反應無線感測模組       | 16th International Conference on Civil and Environmental engineering                   | Engineering Geology                                 |
| 深層崩塌地與水文地質特性研究                       | 無                             | 無                 | 無  | 無   |
| 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估  | 無                             | 串聯式光柵光纖感測網即時解算系統  | Wind Energy Science Conference, Copenhagen   | 無   |
| 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                   | 無                             | 防災工作之成本效益評估       | 2017 APEC Typhoon Symposium  | 2017 PIRE Annual Meeting                            |
| 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                | 無                             | 無                 | 無  | 無   |
| 土石流災害保險制度可行性之研究                      | 無                             | 無                 | 2018 災害管理研討會   | Natural Hazards Research                            |
| 建立聚落周緣山坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部沉積岩及變質岩區 | 無                             | 無                 | Interpraevent 2016   | 中華水土保持學報  |
| 智慧化土石流預警系統建置(2)                      | 無                             | 無                 | 5th World Congress of Agriculture 2017   | 無   |
| QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析              | 無                             | 無                 | 1. 第 26 屆南區統計研討會暨 2017 中華資料採礦年會及學術研討會暨 2017 中華機率統計學會及學術研討會<br>2. 2017 台灣地理資訊學會年會暨學術研討會 | 無   |
| 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究                  | 無                             | 人工智慧空間致災風險推論      | 有  | 無   |
| 耗材式無線測距儀之研發與應用                       | 無                             | 耗材式無線測距儀          | 無  | 無   |
| 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度            | 無                             | 無                 | 無  | 無   |
| 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估          | 無                             | 無                 | EGU General Assembly 2018  | 無   |
| 以嶄新 3D 地形表現技術 (H. O. S. T 地圖) 輔助地形判釋 | 重大突破 3D 地形表現技術: H. O. S. T 地圖 | H. O. S. T 地圖產製技術 | 1. 2017 測量計空間資訊研討會<br>2. 2017 中華民國測地學會年會   | 無   |
| 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益           | 無                             | 結合電漿與生物炭技術        | 無  | 無   |
| 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)              | 無                             | 透水式固床工工法研發        | 1st World Conference on Soil and Water Conservation, Lleida, Spain, 12-16 June 2017    | 無   |
| 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究                      | 無                             | 無                 | 水土保持學術研討會  | 中華水土保持學報  |
| BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發                 | 無                             | 無                 | 2017 中華民國營建工程學會第十五屆營建產業永續發展研討會   | 無   |
| 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發            | 無                             | 無                 | 無  | 無   |
| 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略           | 無                             | 無                 | CENTRA 2, SUNTOWNS and PRAGMA 32   | Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences (TAO) |

| 計畫中文名稱                               | 備註   |                  |   |          |
|--------------------------------------|------|------------------|---|----------|
|                                      | 專利名稱 | 新技術名稱            | 研討會名稱   | 期刊名稱     |
| 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究              | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究         | 無    | 無                | 1.106 年度台灣農業工程研討會<br>2.2017 AGU Fall Meeting                                      | 無        |
| 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)           | 無    | 降雨與版樁牆離心模型試驗模擬技術 | 16th International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE-2017) | 無        |
| 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討               | 無    | 無                | 無   | 中華水土保持學報 |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)       | 無    | 生物礦化             | 無   | 無        |
| 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究              | 無    | 無                | 2017 海峽兩岸水土保持研討會  | 無        |
| 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立-以 921 地震為例          | 無    | 地震崩塌易損性曲線分析      | 2017 中華水土保持研討會  | 無        |
| 里山保育-生態守護與環境教育計畫                     | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                   | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制      | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究               | 無    | 無                | 2018 農業工程研討會<br>台灣環境永續發展研討會   | 農業工程學報   |
| 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究               | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例  | 無    | 無                | 造園景觀學術研討會   | 戶外遊憩研究   |
| 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                | 無    | 無                | 無   | 無        |
| 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地利用限度分類之可行性研究 | 無    | 無                | 無   | 擬稿中      |
| 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析            | 無    | 無                | 2018 4th International Conference on Virtual Reality (ICVR 2018)                  | 無        |
| 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究          | 無    | 無                | 社會企業學術研討會   | 無        |

附錄六 業務單位成果評估明細表

| 領域類別   | 計畫中文名稱                             | 業務單位    | 各業務單位成果評估表  |   |   |                              |
|--------|------------------------------------|---------|---|---|---|------------------------------|
|        |                                    |         | 技術應用面   | 學術創新面   | 制度及其他面                                    | 後續應用與建議                      |
| 基礎調查研究 | 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究             | 土石流防災中心 | 地質及水文之相關性尚未明確，成熟成果可做為大規模崩潰之技術評估因子。                            | 研討會、期刊及碩博論文各1篇。   | 待成果成熟時，應有助於策略參考。                          | 尚未有具體成果，但有發展潛力               |
|        | 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估 | 土石流防災中心 | 助於精進現行的崩塌觀測方法。  | 已完完成研討會及期刊發表。   | 請主持人加以說明。                                 | 其他：建議加入其他研究區，就舊有崩塌之再發性進行整合比較 |
|        | 土石流潛勢溪流之地文因子綜合判定                   | 土石流防災中心 | 建議未來擴大研究範圍並參考歷年計畫成果，探討並分析提高研究精準度。                             | 此研究對土石流潛勢增加一份參考值是學術研究均具正面意義。                                | 對土石流潛勢之參考價值。                              | 尚未有具體成果，但有發展潛力               |
|        | 坡地淺層水力學反應無線感測模組研發                  | 土石流防災中心 | 此技術觀測期較短，仍須有長期相關成果提供驗證。                                       | 1. 研討會、期刊及碩博論文各一篇。<br>2. 因計畫監測期較短，建議未來有長期觀測之價值。             | 無具體相關內容。                                  | 為進一步驗證成果，將(已)納入相關試辦工作        |
|        | 深層崩塌地與水文地質特性研究                     | 土石流防災中心 | 此計畫稱發陀螺儀測器，但末期報告僅見部分儀器數量及數據，其測學理描述、儀器規格、創新方向與現有技術較均未有創新技術保留度。 | 1. 觀測時間內各孔位依據那些數據找出滑動深度未有說明。<br>2. 數據方面描述不足，集水井後各觀測位變化亦未分析。 | 計畫所提之整體治理改善僅有描述簡數所推論結果，缺乏理論分析，對於其度面之效益有限。 | 其他：計畫成果稍嫌不足，有加強空間            |

| 領域類別   | 計畫中文名稱                            | 業務單位    | 各業務單位成果評估表                                 |                                 |   |                         |
|--------|-----------------------------------|---------|--|---------------------------------|---|-------------------------|
|        |                                   |         | 技術應用面                                      | 學術創新面                           | 制度及其他面  | 後續應用與建議                 |
|        | 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)        | 保育治理組   | 可供未來工程設計參考。                                | 研討會發表及碩博士論文各2篇。                 | 可供未來邊坡安定相關設施規範參考。                                       | 將(已)納入現行制度、行政計畫或法規檢討之參考 |
|        | 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討            | 保育治理組   | 提供共同治理未來方向。                                | 期刊1篇。                           | 增進土砂治理成效。   | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
|        | 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3)    | 保育治理組   | 無具體意見。                                     | 尚未發表(預計發表研討會、期刊及論文各1篇)。         | 無具體相關內容。  | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|        | 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究           | 保育治理組   | 可供未來治理規劃之參考。                               | 研討會發表及期刊各1篇。                    | 無具體相關內容。  | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|        | 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立—以921地震為例         | 保育治理組   | 藉由崩塌機率以應用災損評估及災規劃。                         | 研討會發表及碩博士論文各1篇。                 | 可供各地地震防災、減災與避難規劃，強化崩塌應變能力。                              | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
| 軟體防災對策 | 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與無線傳輸地表監測設備整合之評估 | 土石流防災中心 | 此計畫助於提升即時解算速度，應可供本局現有技術參考。                 | 此計畫可考期於國外研討會發表。                 | 可提升大規模崩塌計畫監測之推動補充說明。                                    | 尚未有具體發展潛力               |
|        | 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析                | 土石流防災中心 | 建立一套公正客觀且具體的評估模式，協助政府、民眾、配合意願，使防大工作達成最大效益。 | 此計畫之成本估尚有間，式達之評。成民本空漸，準益及樣進以討精。 | 1. 此計畫採問卷及座談式取對民眾對土石流預警與避難之願付本防具。2. 可與「土流保可研」民眾投入防互為參考。 | 尚未有具體發展潛力               |

| 領域類別   | 計畫中文名稱                                | 業務單位    | 各業務單位成果評估表   |  |   |                |
|--------|---------------------------------------|---------|--|--|---|----------------|
|        |                                       |         | 技術應用面  | 學術創新面  | 制度及其他面  | 後續應用與建議        |
| 軟體防災對策 | 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析                 | 土石流防災中心 | 無具體相關內容。   | 1. 本研究未針對土石流警戒影響範圍保全住戶發布問卷，故問卷內有或撤離經驗或土石流相關競豔之民眾比率較低，其問卷效力將打折。<br>2. 此問卷設計上存在盲點(例如：某題目下之兩選項對民眾來說意義相同)。 | 無具體相關內容。  | 尚未有具體成果，但有發展潛力 |
|        | 土石流災害保險制度可行性之研究                       | 土石流防災中心 | 1. 探討各國天然災害保險機制並與我國制度進行比較。<br>2. 取得各方對天然災害保險現況及推動方式建議。 | 提供天然災害治理及救助思維及建議。  | 針對我國土石流災害管理進行全面檢討，且符合效率原則管理災害風險。                                      | 尚未有具體成果，但有發展潛力 |
|        | 建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部沉積岩及變質岩區 | 土石流防災中心 | 成果值得肯定。  | 此計畫驗證成果於變質岩區之較佳，不同岩性間HDF捕捉率之差異亦值得進一步探討。  | 1. 期望可來提供未來地劃危險之參考，於因應極端氣候之防災預警。<br>2. 建立坡面型土石流潛勢評估方法，可精進對土勢溪流及防工作推動。 | 尚未有具體成果，但有發展潛力 |

| 領域類別   | 計畫中文名稱                      | 業務單位    | 各業務單位成果評估表                                    |   |  |                                    |
|--------|-----------------------------|---------|---|---|--|------------------------------------|
|        |                             |         | 技術應用面   | 學術創新面                                       | 制度及其他面                                     | 後續應用與建議                            |
| 軟體防災對策 | 智慧化土石流預警系統建置(2)             | 土石流防災中心 | 此計畫之雨量計精準度是否可比照標準式雨量計，屬新技術研究。                 | 應產出 3 篇論文，惟無法確認是否完成。                        | 無具體相關內容。                                   | 其他：依本計畫說明書，本年度之成果為第二階段，尚有第三階段工作需執行 |
|        | QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析     | 土石流防災中心 | 有助本局於 QPE 資料應用上，了解其適用範圍及限制，具參考價值。             | 國內投稿 2 篇，助於基礎科學發展。                          | 建議依據空間關聯性，提出較佳區位，並於較差區位以增量地面或演算法加強，以利提升警度。 | 其他：已有初步成果，可再透過更多歷史案例驗證，可提供業務推動參考   |
|        | 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究         | 土石流防災中心 | 此案技術之應用尚需考量，針對颱風預測之不確定性、大氣環境之各項條件及預報之準確性進行評估。 | 已於研討會發表並產出一碩博論文一篇，建議進行期刊發表以增加論述價值。          | 無具體相關內容。                                   | 為進一步驗證成果，將(已)納入相關試辦工作              |
|        | 耗材式無線測距儀之研發與應用              | 土石流防災中心 | 1. 經自評為新技術，請補充說明。<br>2. 有無專利在評估中，請確認。         | 有助基礎科學發展，且可納入教學內容，惟具體可納入為何，請補充說明以利本局後續教育宣導。 | 請補充說明助於前瞻策略擬定為何。                           | 其他：短期考量似乎可行，但長期成本卻未審慎納入評估，應再多考量些   |
| 工程技術發展 | 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度   | 保育治理組   | 有助未來檢驗依據。                                     | 尚未發表。                                       | 有助現地驗收制度。                                  | 將(已)納入現行制度、行政計畫或法規檢討之參考            |
|        | 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估 | 保育治理組   | 無具體意見。  | 研討會 1 篇。                                    | 無具體相關內容。                                   | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目            |

| 領域類別      | 計畫中文名稱                            | 業務單位  | 各業務單位成果評估表                 |                   |   |                         |
|-----------|-----------------------------------|-------|----------------------------|-------------------|---|-------------------------|
|           |                                   |       | 技術應用面                      | 學術創新面             | 制度及其他面  | 後續應用與建議                 |
| 工程技術發展    | 以嶄新 3D 地形表現技術 (H.O.S.T 地圖) 輔助地形判釋 | 保育治理組 | 無具體意見。                     | 研討會發表及碩博士論文各 1 篇。 | 可供集水區治理規劃及災害潛勢預估之參考。                              | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
|           | 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益        | 保育治理組 | 無具體意見。                     | 碩博士論文 1 篇。        | 提升水土資源保育能力。                                       | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|           | 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)           | 保育治理組 | 兼具安全與生態目標。                 | 研討會 1 篇。          | 增進土砂災害治理成效。                                       | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|           | 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究                   | 保育治理組 | 無具體意見。                     | 研討會發表及期刊各 1 篇。    | 增進治理成效。   | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|           | BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發              | 保育治理組 | 有助工程設計，減少設計變更。             | 無具體相關內容。          | 便於後續管理與維護。  | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|           | 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發         | 保育治理組 | 提升作業效率，減少人為錯誤與紙張消耗。        | 無具體相關內容。          | 加速機關行政流程，提升計畫執行效率。                                | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
| 前瞻策略與機制推動 | 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略        | 保育治理組 | 無具體相關內容。                   | 研討會發表及期刊各 1 篇。    | 可作為治理防災工作之參考，協助坡地防災調適策略及措施推動。                     | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
|           | 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究           | 保育治理組 | 協助工程與生態人員溝通，有助生態檢核與環境友善推動。 | 完成水保工程生態檢核進階課程規劃。 | 增進治理成效。   | 可供前瞻策略擬訂，將(已)納入後續業務推動項目 |
|           | 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究      | 保育治理組 | 無具體意見。                     | 研討會 2 篇。          | 提供水庫排約策略、精進水土資源保育。                                | 已有具體成果，將(已)納入後續業務推動項目   |
|           | 里山保育-生態守護與環境教育計畫                  | 農村建設組 | 無具體相關內容。                   | 無具體相關內容。          | 1. 助於里山精神與生態保育教育宣導。<br>2. 建立生態資料庫及執行過程影片紀錄可供未來參考。 | 尚未有具體成果，但有發展潛力          |

| 領域類別    | 計畫中文名稱                                | 業務單位  | 各業務單位成果評估表  |                 |                   |                  |
|---------|---------------------------------------|-------|-------------|-----------------|-------------------|------------------|
|         |                                       |       | 技術應用面       | 學術創新面           | 制度及其他面            | 後續應用與建議          |
|         | 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析             | 綜合企劃組 | 無具體相關內容。    | 無具體相關內容。        | 無具體相關內容。          | 無                |
| 農村再生    | 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫                 | 農村建設組 | 建立社群共食作業手冊。 | 無具體相關內容。        | 輔導農民有機耕作，並協助後端銷售。 | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究                    | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 無具體相關內容。        | 無具體相關內容。          | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 基於農村四好欣模式-活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制       | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 建立食農教育教案。       | 有助在地產業發展。         | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究                | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 研討會發表2篇及期刊1篇。   | 無具體相關內容。          | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究                 | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 助於本局南向政策之參考與擬訂。 | 無具體相關內容。          | 其他：可供本局前進南向之政策參考 |
|         | 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究                | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 無具體相關內容。        | 有助相關政策擬定參考。       | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例   | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 研討會發表及期刊各1篇。    | 無具體相關內容。          | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究                 | 農村建設組 | 無具體相關內容。    | 研討會發表及碩博士論文各1篇。 | 無具體相關內容。          | 尚未有具體成果，但有發展潛力   |
|         | 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究           | 綜合企劃組 | 無具體相關內容。    | 無具體相關內容。        | 無具體相關內容。          | 無                |
| 管理與法規研析 | 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究 | 監測管理組 | 無具體相關內容。    | 尚未發表。           | 無具體相關內容。          | 其他：尚需進一步討論應用性    |

附錄七 各計畫成果綜合評估與建議明細表

| 計畫名稱                                    | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果   | 成果綜合評估   |
|---|--|--|--|
| <p>深層崩區與文特之研究</p>                       | <p>1. 本計畫總目標主要係以水質指標之觀測成果，建立大規模崩塌發生預測方法。<br/>2. 計畫預定為三年期，第一年將針對潛在大規模崩塌所在流域進行水質採樣至少 60 瓶，並採集現地土樣進行室內砂箱試驗，重現降雨入滲後之水質變化，最後再依據分析成果，嘗試建立與大規模崩塌發生相關之水質特性。</p>  | <p>1. 以現場調查方式進行，包括曾文溪上游流域、荖濃溪上游流域、濁口溪流域、林邊溪上游、北絲鬮溪、大鳥溪等水系。<br/>2. 由研究結果發現，其乾季電導度值大於濕季電導度值，主要受降雨影響，乾季則以地下水為主，故電導度值較高。另空間差異大致為四大流域差異，電導度值最高為偏台灣南部之水系。<br/>3. 從溪流調查與電導度之關係發現，溪流電導度值受崩塌地湧水影響，當溪流越靠近崩塌地湧水，其電導度值也越高。</p> | <p>1. 本研究所提構想為國外大規模崩塌預警相關研究之方向之一，惟在研究方法上(例如取水位置規劃等)可再取嚴謹，以提高研究成果可信度。<br/>2. 此計畫除對一般情境下之溪流電導度值進行著墨外，亦利用電導度值進行崩塌地判識。故此技術可作為未來大規模崩塌勢區評估方法之一。</p>  |
| <p>應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌再發性評估</p> | <p>1. 台灣山區崩塌再發生(重現率)相當頻繁，相當多的崩塌災害事件乃是發生在舊有崩塌地上，或與過去崩塌事件有關，因此對舊有崩塌再發問題進行評估。<br/>2. 針對過去已發生崩塌利用 Sentinel-1 多時序的雷達影像進行持續監測與追蹤，以了解崩塌發生後，其後續活動狀況，並進行崩塌再發性之評估。選取荖濃溪上游一子集水區作為研究區，研究區於 2009 年莫拉克風災期間發生多處嚴重崩塌及土石流，且多處崩塌坡面仍存有明顯土砂堆積，可能仍具有發生土砂災害之風險。<br/>3. 購置 2008-2011 年共 12 幅之日本 ALOS 雷達影像進行分析。同時於六龜鄉新發村一帶山坡之舊有崩塌地以無人飛行載具進行現地監測，檢視其崩塌地變動情形，以驗證雷達影像之分析成果。</p> | <p>1. PS-InSAR 分析本研究區之舊有崩塌動態，結果顯示研究區北部就有崩塌坡面仍有持續侵蝕的情形，而南部則無明顯的變動狀況。<br/>2. 藉由歷史 SPOT 影像比對以及現場無人機空拍比對，顯示 PS-InSAR 之分析成果與現況相符。<br/>3. 由於空拍機調查的數量有限，未必能完全進行全面的驗證工作，且主要以觀察以及描述的方式進行比對，無確切的量測數據來支持。</p>                 | <p>1. 本計畫成果已驗證直接使用 Sentinel-1 之雷達衛星影像判識崩塌地之可行性，建議後續本局可透過委辦方式建立災後立即以雷達衛星影像判識崩塌地之量能，以解決光學衛星無法穿透雲層問題。<br/>2. 此計畫可長時間監測侵蝕量變化，惟部分問題尚未解決，若方法更成熟，針對崩塌地持續性監測應有助益。<br/>3. 採用正射影像、三維模型 PS-InSAR 的結果進行驗證，且以觀察與描述的方式進行交叉比對，惟 SAR 影像與 DSM 二者之間尺度差異甚大，應再針對驗證方法多加詳述說明。<br/>4. 未針對土砂生產進行量化與評估。</p> |
| <p>土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定</p>                 | <p>1. 使用數值地形模擬萃取出重要地文因子進行土石流潛勢溪流之地貌判識，並進行土砂災害類型之驗證。<br/>2. 提供後續土砂災害類型預判及土石流潛勢溪流劃設之依據。<br/>3. 以計曲線法求得溪溝</p>   | <p>1. 在流域險峻值(MR)及流域長度(L)部份，不同區域門檻值反映地形、地質及氣候條件之差異，土石流與高含砂水流並存之區域仍需現勘判定其土砂運移型態。<br/>2. 統合三個流域資料及</p>  | <p>1. 目前土石流潛勢溪流劃設之地文因子，僅有集水區面積下限及溢流點上游溪床坡度，較為粗略，本研究未來有機會改善此缺口。<br/>2. 因應未來組織再造後，本局仍需面對無保全對象之土石流地質敏</p>   |

| 計畫名稱                     | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果  | 成果綜合評估   |
|--------------------------|---|---|--|
|                          | <p>起點之集水面積大小之累積機率分布。而在較大面積(&gt;0.2 km<sup>2</sup>)的子集水區計曲線法或固定網格數(即集水面積門檻值)法皆可適用;但如集水面積小於0.2 km<sup>2</sup>(坡面型土石流)則宜採用 0.5 公頃的臨界集水面積計算溪流起點較能反應溪流的地形特性。</p> <p>4. Bertrand et al. (2013)的門檻關係可供具溢流點及扇狀堆積之集水區是否為土石流潛勢溪流判釋參考條件。</p>   | <p>大陸 139 條土石流溪溝之判釋分類,河道上土砂災害之地貌分類可一體適用:即 <math>MR &gt; 0.43</math> 且 <math>L &lt; 7</math> km 者為土石流; <math>0.3 \leq MR \leq 0.43</math>, 且 <math>L \leq 14</math> km 及 <math>MR &gt; 0.43</math>, 且 <math>7 \text{ km} \leq L \leq 14</math> km 者為高含砂水流及土石流並存; <math>MR &lt; 0.3</math> 則為洪水。</p> <p>3. 當溢流點下游有沖積扇時,堆積扇坡度與流域險峻值呈現良好幕次關係。</p> | <p>感區之調查與劃設,本研究之方法,亦可作為重要之參考指標。</p> <p>3. 此計畫針對台灣三個區域進行土石流潛勢溪流之地文因子判定,成果豐碩,利用流域險峻值(MR)及流域長度(L)等因子進行溪流分類,對土石流潛勢溪流之劃設具高度參考價值。</p> <p>4. 建議未來擴大研究範圍並參考歷年計畫成果,探討地文因子並分析關聯性,提高精準度。</p>        |
| <p>坡地淺層水力學反應無線感測模組研發</p> | <p>1. 研發不同量測標之無線感測模組,解決山區邊坡監測不易與點位有限之侷限,並使感測模組雲端化。</p> <p>2. 同時監測邊坡水力學反應,導入考慮耦合反應之邊坡穩定解析法,精進現有經驗法預警技術。</p> <p>3. 作為智慧雲端化水土管理系統感測端先導研究。</p> <p>4. 此計畫為二年期,初期以解析法進行水力學耦合方法分析淺層邊坡穩定性,並建立相關學理基礎與釐清預測所需重要參數,作為物聯網(IoT)無線感測模組發展標的,後續將相關電子元件、感測模組整合為無線感測模組,以便利安裝,並運算雲端即時顯示運算平台,以即時回傳監測值進行解析法下淺層邊坡穩定分析。</p> | <p>1. 完成具有 LoRa 區域網路及 3G 全域網路之監測模組,並有土層水力學反應模組及雲端雨量計,模組完成實驗室標定及通訊測試,並已佈設於現場。</p> <p>2. 2017 年 9 月下旬完成阿里山五彎仔公路崩塌下邊坡現地佈設,共計安裝兩組淺層水力學反應監測模組及一組雲端雨量計,目前模組運作正常,並有降雨反應紀錄,現有有限成果顯示模組初步達到原先設定目標。</p> <p>3. 利用分層體積含水量監測成果進行現地淺層滲透係數之反算,已有成功應用案例,無限邊坡降雨水力學耦合分析流程已建構完成,後續再導入解析法之水力學耦合分析,計算監測場址相關穩定性之量化參數。</p>  | <p>1. 本計畫研發之監測模組於 9 月下旬方安裝至現場,後續並無颱風豪雨事件可供驗證,本年度尚無法評估其成效。</p> <p>2. 模組研發耗時且設備需經長時間耐久耐候測試,而此計畫監測時間有限,因此建議後續可持續監測,並精進現有經驗法預警技術。</p> <p>3. 由於此模組僅能提供點之監測,未來如欲應用,宜先提供建議之監測點位密度及佈設位置選定原則。</p> |
| <p>深層崩塌地質特性研究</p>        | <p>1. 透過綜整前期華梵大學相關調查監測等成果,以及近期整體邊坡調查監測結果,以瞭解滑動機制及邊坡安全評估。</p> <p>2. 經整體邊坡現勘、補地質鑽探及觀測等成績,提供相關單位後續治理規劃及補充調查之參考。</p>  | <p>1. 上邊坡校區平時即略有滑動現象,於豪大雨或有集中強降雨時滑動趨勢有加速情形,經民國 105 年 5 月完工大口徑集水井治理後,校區局部區域地下水已有明顯下降情形,惟屬不足;近期中段大崙路邊坡及坡趾 106 乙線區域監測結果,仍有部分區域邊坡有滑動情形。</p> <p>2. 整體邊坡穩定改善規劃以排水為主,擋土為輔為治理方針,採用大口井集水井為主要工法,部分區域採用擋土設施加以改善局部邊坡、建築物或擋土設施</p>   | <p>1. 本研究地點為進行中之滑動地區,值得持續監測,以了解大規模崩塌之活動性及機制。</p> <p>2. 本計畫另一亮點應為新開發之陀螺儀監測設備,惟最終成果僅完成室內測試,並無說明是否應用於現地案例內,測試狀況、量測原理皆無驗證,亦無討論深層崩塌地與水文地質特性。</p>  |

| 計畫名稱                       | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果  | 成果綜合評估  |
|----------------------------|--|---|---|
|                            |  | <p>之穩定。</p> <p>3. 於中段大崙路邊坡及坡趾 106 乙線區域相關調查及監測資料少，建議後續進行補充調查及監測工作，除持續掌握整體邊坡穩定性之外，更須釐清是否存在更深層滑動或屬於較大規模滑動之關鍵問題。</p>  |   |
| 陣列式光纖感測器即時解算系統與無線傳輸設備整合之評估 | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立即時光纖感測器物理量解算系統(包含本研究中為孔隙水壓與傾斜角)及自動上傳原始資料及解算結果至中央伺服器並建置即時序資料庫及資料呈現界面。</li> <li>2. 資料擷取系統微型與低功耗化。透過重新撰寫即時解算驅動程式系統，完成跨平台移植。</li> <li>3. 以 LoRaWAN 為傳輸技術之低功耗坡面傾斜儀。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 光纖光柵即時解算系統開發：基於光纖感測原理設計一套泛用的解算系統，並已應用於太平林道之地下水孔隙水壓監測。</li> <li>2. 低功耗採樣電腦系統之整合：由於前述系統可移植整合至各式嵌入式系統，故利用嵌入式低功耗系統使監測得以長期運行。另此技術亦大幅提升離岸測風塔之光纖動態傾斜儀的監測能力，目前該系統運作良好，為此計畫重要的延伸貢獻。</li> <li>3. 此計畫進行遠距離低頻寬的通訊技術，以 Waspote 為基底，初步開發邊坡表面監測模組，並以其為感測單元進行測試。由結果顯示，受潮濕環境影響甚鉅而仍須改進。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 光纖監測設備有耐候及省電等諸多優點，惟成本及技術門檻較高，短期內恐尚無法大量推廣。</li> <li>2. 此計畫有助於提升監測即時解算速度，應可供本局現有技術修訂參考。惟其設備及技術於特定環境下尚須改進，期未來能順利解決，以提升此技術之實用性。</li> <li>3. 本研究地點為進行中之滑動地區，值得持續監測，以了解大規模崩塌之活動性及機制。</li> </ol> |
| 台灣土石流預警與撤離避難成本效益分析         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立土石流災害預警成本效益評估模式，協助政府決策部門了解災害預警具體之效益與成本，進而提供必要的資源與經費來提升未來災害預警技術發展與準確率。</li> <li>2. 針對不同服務細項提供成本效益具體金額，並透過在地訪談，了解基層執行單位與受保全戶在地需求，以協助主管機關改善預警撤離之決策品質，將效益極大化，民怨極小化。</li> <li>3. 將具體之成本與效益呈現給社會大眾，強化民眾對預警發布的信心，利用政策設計誘導民眾啟動自主防災之行為，以利未來防災工作之推動與落實。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成問卷修正與新增。</li> <li>2. 縣市政府與公所訪問與撤離成本調查與資料庫建置。</li> <li>3. 完成土石流潛勢溪保全里訪談。</li> <li>4. 擴大樣本數與家戶訪問對象。</li> <li>5. 平均每人效益值與全台總效益值推估。</li> <li>6. 各縣市每人效益值推估與個人觀點成本效益分析。</li> <li>7. 期末成果發表與座談。</li> <li>8. 政策建議：<br/>短中期建議：<br/>(1) 加強預警通報與傳遞。<br/>(2) 強化社區自主防災能力，減輕地方政府撤離避難人、財力負擔。<br/>(3) 配合當地民眾需求，加強避難教育與演練。<br/>中長期建議：<br/>(1) 提供在地氣象資訊與災害潛勢。<br/>(2) 氣象資訊風險教育。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此計畫採問卷及座談方式取得民眾對土石流預警與撤離避難之問題與願付價值，可作為未來防災策略擬訂與推動時之參考資料，並可與「土石流災害保險制度可行性之研究」民眾願投入防災保險之研究互為參考。</li> <li>2. 後續建議可以此研究之成果，進行防災業務之經濟效益相關評估，並予以量化，以作為未來之政策說帖。</li> </ol>                       |

| 計畫名稱                     | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 成果綜合評估   |
|--------------------------|---|--|--|
| <p>影響民眾對土石流疏散避難因素之分析</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建置完整的重大土石流災害歷史資料庫一藉由蒐集民國 96-104 年之「重大土石流災害現勘及報告彙編」，檢視各年度「災害現勘成果綜整表」，釐清歷年各地土石流災害特性、疏散避難執行與傷亡狀況等存在的特定關係。</li> <li>2. 找出影響民眾對土石流疏散避難決策的重要因素一設計問卷方式，分析可能人為因素、執行方式或其他因素影響疏散撤離的選擇，透過問卷與其他研究方法找出影響民眾對土石流疏散避難決策的重要因素。</li> </ol>                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 歷年重大土石流災害現勘及報告彙編」依主要災害類型，將全台灣每一災害事件歸類為土石流、沖蝕、崩塌和洪水四大類。歷年全台灣重大土石流災害類型的分布以崩塌(48%)為主、土石流 (25%)次之。而造成這些災害的主要原因又以颱風(75%)和豪雨(21%)為主。</li> <li>2. 近 4,000 份有效問卷中找出前三名影響其疏散撤離決策的因素分別為(1)認為現在居住環境很安全;(2)目前天候無明顯風雨所以不需離開;及(3)認為土石流不會發生。</li> <li>3. 將有土石流相關經驗的 30% 樣本拿出來與所有樣本做分析比較，這 30%受測者對收到「土石流黃色警戒」和「土石流紅色警戒」通知但沒有進行疏散撤離的決定影響因素結果與所有樣本的结果無異。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此研究有效問卷數量眾多，惟多數均非土石流潛勢溪流附近保全住戶，建議後續宜再針對土石流影響範圍與曾遭遇土石流災害者，進行其意願探討，能了解相關人之決策因子，及政府歷年防災宣導成效。</li> <li>2. 後續或利用線上互動遊戲方式進行問卷調查與防災教育，並利用資料探勘與人工智慧進行疏散行為判別。</li> </ol>  |
| <p>土石流災害保險制度可行性之研究</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 探討我國是否應建立土石流天然災害保險制度。</li> <li>2. 探討建立土石流天然災害保險制度應採用之推動策略與模式，並評估推動上之困難處。</li> <li>3. 辦理 2 場次專家座談：成員包括七大領域專家(法律、防災、土木、資訊、環資、風險管理、消防)，議題涵蓋保全對象、訪談議題、保險可行性及保險型式建議等。</li> <li>4. 辦理 5 場次保險業者訪談。</li> <li>5. 辦理 8 場社區民眾訪談：成員包括非偏遠非原住民區域、偏遠非原住民區域。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 根據保險業者訪談結果中顯示，由於逆選擇問題與投保客戶數量低，業者無利可圖，行銷意願甚低。</li> <li>2. 由社區民眾訪談結果顯示許多保全對象會因收入不固定或收入較低，無能力且無意願投保，而部分偏鄉保全對象認為農作物保險、小額動產保險較住宅保險對其更具實用性且保費較可能有能力負擔。</li> <li>3. 都會區民眾則表示每年願負擔千元至萬元之保費，但更關心災害導致房地產價格下跌之損失。</li> <li>4. 另一方面，許多保全對象由於產權問題，造成其住宅不具投保資格，而政府各類災害補助與救濟亦降低民眾自主承擔災害風險意願。</li> <li>5. 即使可透過強制保險達成，但針對強制投保本身，也將面臨是否違反憲法人民財產支配權的保障問題。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究完整針對民眾、地方政府、專家學者及保險業者進行深入訪談，並提出現階段較為可行之保險方案，可作為後續本局在相關議題上之重要參考資料，後續並可據以作為相關政策說帖之參據。</li> <li>2. 本研究亦探討各國天然災害保險機制並與我國制度進行比較，另也取得各方對天然災害保險現況困難處及推動方式建議。</li> <li>3. 本研究建議針對我國土石流災害管理及風險管理進行全面檢討，調整為更多元且符合原則提升效果與效率原方式管理災害風險。此意見可作為未來政策擬定之參考。</li> </ol> |

| 計畫名稱                                     | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果  | 成果綜合評估   |
|--|--|---|--|
| <p>建立聚落周緣山坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法-中南部及變質岩區</p> | <p>1. 全程目標:本計畫旨在建立聚落周緣山坡面型土石流易發之地形判釋模式,以能事先勘定坡面型土石流高風險區預防災害。<br/>2. 本年目標:精進沉積岩區之判釋模式,同時擴充判釋模式至變質岩區(板岩、片岩區),擬兩地質區之坡面型土石流潛勢評估模式,提供防災治理單位之防災預警應用。</p> | <p>1. 此計畫收集坡面型土石流案例及崩塌事件,並建置特性因子分析資料庫。<br/>2. 以崩塌坡面單元概念擬定判釋分析單元板岩區、片岩區及沉積岩區之坡面型土石流判釋模式。<br/>3. 此計畫亦完成潛勢分級,其方法為將函數值分布曲線累積百分比分成三份,分別為低、中與高潛勢,並採以分區別函數值,不區分地質區,作為分級指標。<br/>4. 此計畫發展之地形判釋法可供作為評估聚落周緣山坡發生坡面型土石流事件之潛能,能早期掌握土石流危險衝擊。</p>                                     | <p>1. 坡面型土石流之定義,國內專家學者仍有不同看法,建議後續宜加強此部份之定義探討。<br/>2. 此計畫成果可作為評定聚落周緣山坡發生之坡面型土石流事件之潛能,並期能提供未來參攷圈畫坡地危險聚落參攷之防災預警。而此計畫所建立之潛勢評估方法值得持續精進,可增加土石流潛勢溪流之掌握及防災工作推動。<br/>3. 對於現行公告土石流潛勢溪流,是否需再區分為坡面型或溪流型宜再思考。</p> |
| <p>智慧化土石流預警系統建置(2)</p>                   | <p>1. 為提高防災專員觀測資料之準確度,以及加速雨量和水位資訊處理速度,遂發展經費低廉之智慧化土石流預警系統。<br/>2. 本研究設計目的在於可以在荒野沒有市電下使用,能夠透過太陽能和水力發電系統供電,以達到永續電源供應。</p>                             | <p>1. 發展智慧化雨量計-發展至第三代原型基座,內部可以放置電路,並內置有傳輸線的洞口。而傾斗則是將軸承和擺錘去除,軸承以現成圓柱棒來代替。<br/>2. 發展智慧化水位計-本研究將第一代水位計感測器和微處理器各自獨立成為一個物件之兩件式改良式水位計。<br/>3. 目前本研究自行研發、製作之雨量計和水位計僅有室內初步驗證作業,其成果主要作為回饋改善功能使用,相關參數尚能滿足法定標準,待大部分功能在現地測試完成後,擬通過第三方驗證,完成儀器製作。接著,將循正常法定程序申請智慧財產保護,再提供產業製作使用。</p> | <p>1. 本研究所開發簡易水位計及利用3D列印方式製作之雨量計,其耐用性需再測試,且精度宜先進進行第三方驗證,並補充其精度資料。<br/>2. 建議設計多處試驗點,輔以現場監測,持續改良感測儀器在現場之適用性。<br/>3. 有關研發成果之專利申請等,須依農委會相關規定辦理。</p>  |
| <p>QPE 於颱風事件的預測差異與空間之關聯性分析</p>           | <p>以探索性分析為圓心,透過誤差分析、空間聚集分析以及關聯性分析三個方向軸,探討 QPE 與地面雨量值的誤差情形,以蘇迪勒颱風與梅姬颱風探討誤差的空間分布與聚集特性,同時,結合雨量站高程、颱風路徑與颱風強度、雨量站坡向分析 QPE 估計差異與上述變數的關聯性。</p>            | <p>1. QPE 估計能力於時雨量、有效累積雨量的相關係數高(<math>r&gt;0.95</math>),QPE 估計雨量可以捕捉到地面觀測雨量之趨勢;然而以最大有效累積雨量的差異量來看,QPE 有 22%的數值估計差異大於 50mm,有 53 個雨量站包含 50% 以上的資料點都落於低估資料區(QPE 低於地面觀測雨量的百分之 80),為 QPE 低估高</p>  | <p>1. 有關雷達降水估計資料可能較地面雨量站低估情形,義大利相關論文亦指出相同問題,或可進一步比較。<br/>2. 後續應可進一步與其他因子交互分析,探討並評估 QPE 可行性及實務應用上應注意事項。<br/>3. 於加入 QPE 虛擬雨量於警戒發布宜有相關持續研究。<br/>4. 有關 QPE 相關研究及</p>                                     |

| 計畫名稱                       | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 成果綜合評估   |
|----------------------------|---|--|--|
|                            |   | <p>風險類別，套疊地形圖，發現 53 個雨量站大部分位於高山的邊緣或山谷中間。</p> <p>2. 颱風路徑與颱風強度組與高程和 QPE 估計差異特性有高度關聯性，同時透過 2015 的蘇迪勒颱風與 2016 年的梅姬颱風配對分析發現，QPE 估計差異有再現性的特性，由於有再現性的特性，可利用歷史的資料進行 QPE 的修正估計。</p>   | <p>探討，與本局有合作關係之氣象局及颱風中心均有研究在持續進行，本局或可逕與此二單位合作即可。</p>   |
| <p>颱風時期空間致災風險推論系統之建置研究</p> | <p>1. 本計畫藉由颱風警報單建置颱風因子資料庫，利用各種數理統計方式所呈現的因子間距離尋找歷史發生之相似颱風。</p> <p>2. 本研究選用深度神經網路 (Deep Neural Network, DNN) 與自然型式之輸入與輸出建構其相關方程式之遺傳規劃法 (Genetic Programing, GP)，以既有資料推論未來 24 小時累積降雨量間高度非線性關係，藉提供未來 24 小時累積降雨量，進而與防災避難系統結合，以期提早對預測的颱風降雨預做災前整備。</p> | <p>1. 本計畫整理自 1990 至 2016 年 100 場颱風警報單與 11 個雨量測站資料建立颱風資料庫，當發佈海上陸上颱風警報颱風警報單後，其警報單與資料庫中颱風警報單之氣象因子相互比對分析，以兩階段歐氏距離方式篩選資料庫中最相似之歷史颱風，經驗證其篩選結果良好。</p> <p>2. 以遺傳規劃法與深度神經網路預測降雨量模式比較，深度神經網路遠優於遺傳規劃式。</p> <p>3. 深度學習架構可提供一定詮釋能力的推論模型，而利用降雨預測模式推估未來 24 小時累積降雨量，對應防災避難預警系統，依據警戒標準給予決策者建議燈號，實施減災應變等作為。</p> | <p>1. 建議本研究已蒐集之歷史颱風資料庫，可匯入本局 FEMA 系統，以供後續使用。</p> <p>2. 有關颱風路徑等與未來空間降雨分布等相關研究及探討，與本局有合作關係之氣象局、國家災害防救科技中心、颱風中心等均有研究在持續進行，本局或可逕與此三單位合作即可。</p> |
| <p>耗材式無儀線測距儀與應用</p>        | <p>此計畫係屬監測儀器設備之開發與應用，除了具備價廉、省電、耐用及無線傳輸等基本功能外，同時可以長時間應用於水土保持之多元情境，而其預期達成效益包括：</p> <p>(1) 實時監測坡面表層土壤侵蝕深度之動態變化，並通過無線傳輸方式立即將監測數據回傳，據以提供降雨與侵蝕深度關係之研究。</p> <p>(2) 實時監測溪流水位，除提供溪流沖淤演算外，亦能配合雨量觀測數據作為建立集水區水文模型之依據。</p> <p>(3) 提出超音波測距儀應用之可行性評估。</p>      | <p>1. 已研製完成之超音波測距儀原型機。</p> <p>2. 經室內測試結果，超音波測距儀在各種受測面條件之精確度及解析度均能</p> <p>3. 符合應用面之需求。其中，精確度皆在 1.0% 以下，而解析度可以達到 1.0mm。</p> <p>4. 初步測試此計畫研製之測距儀可應用於坡面土壤沖蝕深度及水位量測。</p> <p>5. 已研製完成之超音波測距儀成本控制在 10,000 元以下，符合耗材式量測設備的基本要求。</p> <p>6. 受限於超音波特性的特性，其對環境溫度具較高敏感度，受到溫度改變易產生誤差，故必須隨時</p>              | <p>1. 此計畫研發之超音波測距儀屬耗材式製作方法，其成本控制亦較低，惟使用上於溫度及防水方面仍需克服。</p> <p>2. 本研究使用超音波測距儀進行現地土壤沖蝕深度之量測，似易受諸多外部環境之影響，宜再改善，且其設置方式及事前規劃重點，亦宜先作考慮。</p>       |

| 計畫名稱                               | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 成果綜合評估  |
|------------------------------------|---|--|---|
|                                    |   | <p>注意其調校工作。</p> <p>7. 此計畫研發之測距儀防水(IP 級)尚未符合現地應用標準,建議後續研發應加強處理防水及防干擾措施,提高耐用性並減少故障。</p>  |   |
| <p>應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 評估國內外現有關於混凝土強度之非破壞檢測技術,探討各種試驗方法之優缺點及適用性,包括反彈錘法、應力波速量測法及微鑽孔試驗法。</li> <li>2. 比較分析傳統砂石與野溪淤積土產製之混凝土強度之差異性,並提出野溪淤積土應用於工程上之建議。</li> <li>3. 建立評估野溪淤積土製作之混凝土強度之非破壞檢測試驗流程。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 反彈錘法由於簡便易用,是目前最普遍使用之非破壞檢測方法,但其與混凝土強度的關聯性不高,且亦受潮濕環境之干擾,容易造成誤判,較不具實用價值。</li> <li>2. 超音波波速量測法在理論上與混凝土強度有一定之關聯性,但同樣亦受潮濕環境之干擾,且在現地通常只能選擇表面傳遞法進行施測,大大地降低了其實務應用之價值。</li> <li>3. 微鑽孔試驗法與現地鑽孔取樣進行抗壓試驗之操作方式接近,且能檢測到混凝土內部之品質,理論上與混凝土強度最具關聯性,經由目前現地試驗之結果分析,其檢測成果亦相當穩定,具有不錯之可靠度,值得進一步深入研究。</li> </ol> | <p>此計畫所使用之微鑽孔技術為自行開發並具專利,且檢測成果亦相當穩定,但尚無說明是否已於國外現地工程施作,故其於現地工程之可行性仍有待商確。</p>   |
| <p>衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 計畫採用 TerraSAR-X 及 TanDEM-X 衛星雷達影像,融合不同視角的 TerraSAR-X/TanDEM-X 干涉對(即升軌和降軌 InSAR 干涉對),透過不同飛行方式所具之不同幾何關係和參數,如入射角、垂直基線和高程模糊度等,來對因單一軌道產生的陰影、疊影等區域的地形資訊進行恢復。</li> <li>2. 計畫係以研究區域之 LiDAR 產製 DEM 與 DSM 來檢核衛星雷達影像產製數值高程模型精度,探討 SAR 影像相干性較差導致高程資訊漏失區域之地形坡度、坡向及植被特徵,其中地形坡度及坡向特性可利用 LiDAR DEM 加以分析,植被特徵則可利用 LiDAR DEM 與 DSM 推估樹冠高度模型(canopy height model, CHM),以了解植被分布密度。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 在曾文水庫集水區選取不同面積、高程、坡度及坡向之 25 處崩塌地,以本計畫產製雷達影像數值地形與 2011 年本區 LiDAR 數值地形比對獲得崩塌土砂生產量,並利用 2011 年與 2014 年 3 月兩期 LiDAR 數值地形比對崩塌土砂量體加以檢核,了解誤差程度。</li> <li>2. 研究結果顯示整體誤差百分率約有 6 成崩塌地(16 處)誤差百分率小於 50%,有兩處崩塌地誤差百分率大於 100%。</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此研究初步顯示以衛星雷達影像估算土砂量有其可行性,惟其成果偏差率過大,仍有部分程序須修正及檢討,故後續建議待相關技術、學術論證等更成熟後,進行逐一驗證。</li> <li>2. 本項技術未來有機會可變為常態性工作,利用每月二次經過台灣的 Sentinel 衛星雷達影像(SAR),製作多時期大範圍之河道 DEM,即可掌握集水區土砂收支動態。</li> <li>3. 由此計畫之成果可知,誤差百分率與面積、高程、坡度及坡向之關係大致顯示,誤差百分率較大之崩塌地多數位於朝東之坡向(東、東北、東南)或坡度較大之坡面,此點顯示坡度與坡向兩項地文因素在雷達影像產製地形之融合過程有較為顯著的影響。</li> </ol> |

| 計畫名稱                              | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果   | 成果綜合評估  |
|-----------------------------------|--|--|---|
| 以嶄新 3D 地形表現技術 (H.O.S.T 地圖) 輔助地形判釋 | 本計畫使用 GMT 軟體以及 Fortran 語法產製出 H.O.S.T. 地圖繪製程式，在程式設計上有做大幅度的改善，如新增不同地形坡度之計算方式、新增地形對比值加強地形起伏以及加入高程資訊產製立體調色盤等。  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 以 DSM 資料繪製成 H.O.S.T. 地圖，發現雖然有植被覆蓋，但仍然能描繪出該地之地勢起伏，證實 H.O.S.T. 圖對於稜線的勾勒非常清晰，因此蝕溝之形狀也能輕易描繪出。</li> <li>2. 將原有之平面調色盤變為立體調色盤，而其範圍依該地地形實際高程去做適當之設定，顏色配置從原底圖顏色逐漸增加綠色值。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究於本年度之計畫雖增加高程數據，以改善紅色地圖缺乏高程數據之缺點，但整體視覺效果似乎不如紅色地圖來得清楚。</li> <li>2. 此計畫成果除能協助土砂災害判識外，其餘面向之加值應用尚有待探討。</li> <li>3. 目前本研究產製 H.O.S.T 地圖之程式，使用介面較不友善，如欲後續推廣，宜優先改善使用者介面。</li> </ol> |
| 現地以電漿技術搭配優化資材改善邊坡植生工法效益           | 以電漿處理過的草種，加入噴植工法中常用之噴植基材中，並研究不同配比組合下，對提升工法之施工成效。此外，額外再加入生物炭材料，提高生長效率與降低施工成本，以百慕達草、百喜草為示範對象，配置八種不同情境比較其發芽率、覆蓋率、存活率等資料。  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 電漿濺鍍種子發芽率試驗主要以 30W-5min 的濺鍍條件可使種子氣孔開啟，且有效增加發芽率至 60% 以上。</li> <li>2. 現地試驗均以 PAM 50ppm + 2% 生物炭混合電漿處理後之種子在植物發芽率 (~50%)、覆蓋率 (~85%) 中與存活率 (~31%) 最佳。</li> <li>3. 現地保水性試驗，兩測試草種皆以 PAM 50ppm + 2% Biochar 處理區最佳，可提升約 3-5% 的保水能力。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議測試較容易失敗之坡地類型，輔以嘗試較難發芽類型種子進行比較。</li> <li>2. 未來可於部份試區嘗試此工法之應用，以利後續成本效益探討。</li> </ol>  |
| 透水式固床工之工法研發與水利特性研究(二、三)           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 探討透水式固床工於不同通透率情況下對於溪床水流水理現象之改變，進而研發較適之構造物，並評估其應用於野溪治理之可行性。</li> <li>2. 此計畫將利用水工試驗，測試不同透水率之建議。其中，所設計之固床工分別為傳統式固床工、通透率 7% 的 H 型鋼框內填塊石之透水式 A 型(透 A 型)、通透率 68% 的二排陣列式方型箱涵之透水式 B 型(透 B 型)、通透度 32% 的 H 型鋼軌框內填置石籠結構之透水式 C 型(透 C 型)以及通透度為 50% 的單排五孔管涵陣列間填塊石的透水式 D 型(透 D 型)。</li> <li>3. 除上述試驗外，亦量測各固床工區間內水面與動床砂面高程斷面，並掃描渠床橫斷面高程，數化固床工趾部淘刷情形，以利固床工趾部渠床淘刷規模之分析。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此計畫之水工試驗結果如下： <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 傳統固床工：淘刷機制為投潭水主導。</li> <li>(2) 透 A 型(鋼骨填充塊石)：塊石間隙容許水流通透，但影響投潭水甚小。</li> <li>(3) 透 B 型(陣列式箱涵)：初期以水平射流優先通過，後期干擾投潭水流。</li> <li>(4) 透 C 型(鋼骨填充箱籠)：箱籠孔目主導固床工後方土砂淤積與投潭水及局部淘刷發展，投潭淘刷效能較傳統式弱。</li> <li>(5) 透 D 型(鋼骨+管涵+塊石)：兼具陣列式箱涵及塊石填充間隙通透的雙重優點；當床質粒徑偏細時，反倒容易造成管涵阻塞。</li> </ol> </li> <li>2. 利用試驗結果進行因次分析後，得一無因次淘刷坑深長比(DLR)複迴歸方程式。此複迴歸方程式可依據擬整治溪流之基礎資料計算出固床工趾部局部淘刷的淘刷坑深長比，進而設計其埋入深度。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究兼顧實務與理論，建議可長期支持，或有機會成為本局特有新工法及納入技術規範。</li> <li>2. 此計畫除利用試驗進行不同設計之結構物真實情況模擬外，亦著墨於趾部淘刷規模上，且獲得極具實用性之複迴歸方程式，其成果兼具安全與生態目標，並為重要技術，可增進土砂災害治理成效。</li> </ol>                        |

| 計畫名稱                       | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果  | 成果綜合評估   |
|----------------------------|--|---|--|
| 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究            | 以仿植物根系錨固釘為對象，研究其二段式施作之方法與釘長及分布密度等對地表植生網(毯)的錨固功能，能有效提升植生網(毯)控制地表土壤沖蝕之性能，錨釘施作後以抗拉及抗剪試驗評估其錨釘特性並與其他市售常見之錨釘進行比較。  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 仿植生根系錨固釘能有效提升錨固力，透過錨體上之爪釘深入土體，有效增加抗拔力，在抗拉試驗之測試結果，無伸出爪釘之拉拔力為 179.1N，伸出爪釘後，其拉拔力由爪釘提供達 795.3 N，有無伸出爪釘之拉拔力差異達 4 倍以上。</li> <li>2. 然挑選 5 種市售錨固釘進與本研究樣品對比拉拔力之性能，仿植生根系錨固釘高出 1 倍之多，證明本研究之產品具有顯著之效果。</li> </ol>         | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究目前僅針對土質坡面進行測試，對礫石較多之坡面，其適用性恐尚有疑義，建議後續嘗試不同種類混和土壤或礫石層，並請廠商推估其量產成本。</li> <li>2. 除地工織物或防落石網的固定外，可在嘗試更多類型之強化設計。</li> </ol>   |
| BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集歷年水土保持治理工程規模分析及探討 BIM 建立水土保持工程 3D 模型(防砂壩與護岸)之實際案例應用。</li> <li>2. BIM 應用於水土保持構造物之可行性評估，依據集水區地形環境、高程條件、配置情況模擬演練各種情境，並可在規劃設計初期，依模擬情況做出最適當的應用。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集水土保持局歷年治理工程案件，從中挑選大於 2000 萬以上的工程，評估哪些工程是合做為 BIM 導入之案例，並依工程項目、複雜程度、規模、類行、允許廠商建模或應用的時間等因素進行分析。</li> <li>2. 使用 Tekla Structures 建築軟體建立 BIM 建築模型，並實際建置「粗期坑吊橋上游野溪二期工程」做為案例，產出鋼筋數量統計表、構造物原件及其內部鋼筋相關資訊。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究已針對 BIM 之適用時機及領域進行分析與比較，並針對水保領域可能導入或應用之方向提出一些建議。例如結合數值地形與 BIM 元件，發展具水保特色之應用。</li> <li>2. BIM 易於現地施作概念展現，多方施工進度易掌握，如為簡單、小型工程恐無適用。</li> <li>3. 建議 BIM 後續可應用於建立工程身分履歷，強化維護管理。</li> </ol> |
| 水土保持治理工程智慧化提報及審查作業之研發      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成水土保持局各分區各類計畫工程提報及審查之資訊化作業平臺。</li> <li>2. 以水土保持局南投分區為示範區，完成各類工程提報及審查之資訊化作業平臺。</li> <li>3. 完成介接水土保持局及水土保持局南投分區各各類工程提報及審查之資訊化作業平臺。</li> <li>4. 完成全無紙化作業環境，節省人力支出時間，提高服務績效，降低人為錯誤。</li> <li>5. 利用 Filemaker 系統開發工具，建立包含外業現勘填表作業資訊化及內頁提報、審查等相關資訊化平臺。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 完成開發外業現勘填表作業模組，其中包含建立或刪除預定勘查工程、選定勘查工程性質、勘查結果上傳、外業勘查作業四大功能。</li> <li>2. 外業勘查作業中之資料包含基本資料、現況分析、擬辦工程概估內容、會勘人員、現場照片等五大項。</li> <li>3. 此平台另提供工程經費概估自動化、工程防砂量演算自動化，資料庫內容可介接水土保持局既有各種資料庫達到省時、省工、提高績效。</li> </ol>      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究所提出之行動 APP，及現地表單填列與拍照上傳功能，概念可行，惟目前的手機或平板在外業作業時，是否合用，尚有疑慮。</li> <li>2. 建議本研究所提之相關概念及功能，後續可擇優建置於工程管考系統內。</li> </ol>   |
| 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略 | 本計畫蒐集全台灣三十年常態化差異植生指標 (NDVI)、氣溫及雨量時間序列資料，應用階層式分群法分析 (HCA) 及冗餘分析 (RDA) 進行全台灣上游集水區分群並探討坡度、坡向、氣溫   | <p>上游集水區可分為 6 個分群，未來可以此分群作為治理單元進行管理，氣候變遷調適策略各分群建議如後：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 第一分群：注意高海拔物種、人工林與整體森林的碳吸存能力和生</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本研究採用 30 年之 Landsat 光學衛星遙測資料進行分析，於時間尺度上有其重要性，值得嘗試。</li> <li>2. 惟研究使用之六大分群方式，其理由為何，以及因應氣候變遷之</li> </ol>   |

| 計畫名稱                                | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果  | 成果綜合評估  |
|-------------------------------------|---|---|---|
|                                     | <p>及雨量四類因子中何者具有顯著影響，接續探討上游集水區分群在氣候變遷模擬情境下之變化，提出調整上游集水區氣候變遷調適策略之建議。</p>  | <p>態功能影響。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. 第二分群：可進行農地熱點(Hotspot)/脆弱度探討、適時調整耕作與輪作制度，配合農業天然災害救助補助政策或農業保險進行整合與發展。</li> <li>3. 第三分群：為中央山脈綠帶保護區之重點，串聯由南到北的綠帶保護區與東西向的綠地森林綠帶網絡、加強林地管理、注意其坡地沖刷和土石流威脅。</li> <li>4. 第四分群：需注重山坡地農用適宜性與衝擊性評估、颱風與短時強降雨地災害。</li> <li>5. 第五分群：建議評估雨量變化對於水資源調配與農用灌溉需求。</li> <li>6. 第六分群：加強坡地防減災工作和大規模崩塌與危機應變能力。</li> </ol> | <p>調適策略，過於粗略，宜再加強論述。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. 建議考量各群聚區之分區管理權責單位與土地利用層面等面向。</li> </ol>  |
| <p>國內外集水區環境友善及生態檢核培訓制度研究</p>        | <p>辦理研習培訓生態檢核相關人員，落實生態友善工作，並擴大其成效，以達「保育水土資源、維護自然生態景觀及防治災害」的目標。</p> <p>執行工作項目為：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 辦理基礎課程，提升工程人員對生態檢核機制與流程的熟稔度。</li> <li>2. 辦理課程座談會，收集進階課程內容規劃，及認證制度實施之相關意見。</li> <li>3. 規劃進階課程，建立生態檢核長期人力培養制度。</li> <li>4. 評估認證制度，維持生態檢核執行品質。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 水土保持工程生態檢核基礎課程辦理。</li> <li>2. 針對生態專業知識缺口設計之基礎課程，可有效地讓課程參與人員轉變觀念，並理解生態友善措施之意義。</li> <li>3. 課程座談會辦理。</li> <li>4. 為維持生態檢核執行品質，生態檢核人員認證有其辦理必要性也都有共識，然因生態檢核缺乏執行法源依據，人員認證之規劃及推動還需詳實考量。</li> <li>5. 水土保持工程生態檢核進階課程規劃包含：生態檢核推廣課程、生態檢核能力培養課程、生態檢核人員速成訓練課程、生態檢核人員培訓課程。</li> </ol>                                       | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 永續及生態檢核議題係為本局未來業務必須考量的重點，本研究針對未來相關專業人力培訓有其重要性。</li> <li>2. 本年度本研究僅針對課程架構完成規劃，實質內容及課程細節與師資等，應再進一步完成。</li> <li>3. 建議未來規劃相關課題時，宜與本局現有機制相結合。</li> </ol> |
| <p>強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 為建立一套可以同時考量集水區土砂及水庫防洪排砂運轉模式，以探討在氣候變遷影響下，建立水庫最佳操作規則，確保水庫功能及延長水庫壽命的方法，達到水庫永續經營之目標。</li> <li>2. 此計畫將透過量化分析了解水庫集水區現況與未來坡地土石崩塌與沖蝕趨勢。並根據水庫入流量、來砂量變化及水庫供水標的，研擬水庫防洪檢淤操作規則。</li> <li>3. 依據衝擊分析結果，研</li> </ol>                                      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 最佳規劃遇到洪水量較大之颱風事件時，在符合下游防洪要求，傾向多放水，以排除庫區內之泥砂；但遇到洪水量較小之颱風事件時，由於流量小排砂效益不顯著，因此與現行操作較為相似。</li> <li>2. 提出土地使用管理與防災監測、山坡地保育治理、石門水庫防淤隧道工程計畫-阿姆坪隧道及大灣坪隧道等四項因應氣候變遷之治山、防洪、排淤調適策略，透過多準則排序評估法建議方案執行優</li> </ol>  | <p>本研究之內容與成果，太過偏向水庫之防洪排淤對策，似與本局業務關連性較低。</p>   |

| 計畫名稱                           | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果   | 成果綜合評估   |
|--------------------------------|--|--|--|
|                                | 擬因應氣候變遷之治山防洪排淤調適策略，而後建立調適指標，以參攷及監控調適方案績效評估之參考。   | 先順序。   |  |
| 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究(II)     | <ol style="list-style-type: none"> <li>此計畫為瞭解重力、地震、降雨條件下砂土邊坡、滑動行為及柔性排樁牆在動態載重下之破壞行為，將利用離心模型試驗評估及分析自然因素對邊坡穩定性之影響，並預測何時會發生邊坡破壞。進而提升堤防、水壩、挖掘、堆積區等建築物之安全性。</li> <li>此計畫將利用地工離心機進行一系列離心模型試驗，其中第一年計畫(105年)內容再探討邊坡因重力和地震力引致破壞之行為模擬；第二年(106年)內容為邊坡因降雨引致破壞行為及排樁牆受震行為模擬；第三及第四年計畫則將分別探討地表植生對抵抗邊坡淺層滑動之有效性及植樁工法對抵抗邊坡深層滑動之有效性。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>邊坡內薄層透水層與坡面同向對穩定性邊坡的影響，亦會影響坡內土壤含水量與剪力強度分布。</li> <li>在基盤振動情況下，坡頂張力裂縫產生的位置會離坡頂更遠，影響範圍更大。</li> <li>在相同累積降雨量情況下，降雨強度高的破壞時間遠早於降雨強度低的破壞時間，降雨強度明顯影響了邊坡的穩定性。</li> <li>在降雨強度高的情況下，坡度從 0.7H 的原始表面出現張力裂縫，而降雨強度低時則邊坡坡頂無裂縫但有雨水引致的侵蝕。</li> <li>降雨強度與雨水入滲深度成正相關關係。</li> <li>受到約 0.2 g 基盤輸入動態載重下，牆後土壤最大沉陷量會發生在排樁牆後方約 0.25 倍牆高處。若使用雙排版樁牆系統，可大量降低牆後土壤沉陷與牆體之變位。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>一般室內砂箱等試驗會有尺寸效應等問題，使用離心機來減少尺寸效應係國內外相關研究證實有效之方法。</li> <li>此計畫利用地工離心機模擬邊坡於足尺寸狀況下之破壞行為，包括降雨引致邊坡破壞及排樁牆受震行為模擬，其成果可供未來進行邊坡穩定計算或工程設計參考。</li> <li>本研究屬長期基礎研究，後續應用與導入方式尚待進一步思考。</li> </ol> |
| 山區河流平過渡至原河砂災害治理方式探討            | 提出「共同治理區」之概念並以此為研究區域，期以此整合相關單位一同討論並相互配合作業，使河道整體土砂平衡、構造物的強度、災害發生的機率得到最佳的控制及處理，朝向整體河相營造的方式來進行整治，最終可達成「治理分工、土砂平衡」之願景。   | 共同治理區其核心理念為「水砂不可分割應協調治理」，透過河川型態及河川幾何特性判別出共同治理區段，共同治理區應由各單位相輔相成、發揮所長，達到治理分工與土砂平衡的願景，未來朝向以整體河相營造來進行河川的整治。  | <ol style="list-style-type: none"> <li>本研究提出水土共同治理區域之概念及選定方式，或可作為後續政策面擬訂之參考。</li> <li>河川界點的訂定尚需考慮水利法與水保法對坡地管理法令上的不同。</li> <li>後續可考量於野溪部份(支流)控制泥沙。</li> </ol>   |
| 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1/3) | <ol style="list-style-type: none"> <li>MICP(Microbial-induced carbonate precipitation)工法，即微生物誘導碳酸鈣結晶，應用於自然邊坡淺層土壤滑動防治工作，使鬆散的土體結構膠結成具有力學性質的土體，也可保有土體原有的不擾動性。</li> <li>建立 MICP 應用於自然邊坡淺層土壤滑動防治最主要是控制參數如營養液濃度及細菌濃度等。</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>在標準管柱條件下 MICP 反應過程中之實驗發現，Bacillus pasteurii 菌確實對於鈣離子轉換具有相當效率，並成功生成碳酸鈣晶體，故可初步判釋 MICP 在土壤中確實能進行礦化反應，並經微觀試驗證明，確實可於砂土顆粒之間長成碳酸鈣晶體進行填塞作用。</li> <li>標準砂及土壤抗壓試驗重模試體經 MICP 作</li> </ol>  | <ol style="list-style-type: none"> <li>本研究之構想饒富創意，惟尚未有現地試驗，是否適用於台灣之地質還有待商榷。</li> <li>未來對於現地應用除強度測試外還需考量環保議題。</li> <li>此計畫較適用於抗表土沖蝕，建議針對表土層下方土體進行固化，增加強度並維持植生多樣性。</li> </ol>  |

| 計畫名稱                               | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 成果綜合評估  |
|------------------------------------|---|--|---|
|                                    | <p>3. 以砂土管柱進行 MICP 研究，模擬一個滴灌方式之生物灌漿法，進行 MICP 試驗與分析土壤力學性質。初步確定 MICP 是否為土壤穩固之原動力。</p> <p>4. 完成 MICP 工法對土壤固結效果與防止邊坡滑動效益的評估。</p>  | <p>用後，無凝聚力之標準砂試體可以被固結成具有直立性之小圓柱，標準砂試體抗壓強度值可由鬆散砂之零強度強化提升到 3 至 12kPa 左右。土壤重模試體之強度更可提升至 250kPa 左右。</p>  |   |
| <p>以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究</p>     | <p>本計畫以崩塌面積-頻率關係曲線推估集水區境內崩塌土方量模式建立，利用 GIS 空間分析與 LiDAR 產製數值高程 DEM 結合坡度與可移動土層厚度及崩塌面積-體積關係建立，以崩塌面積-頻率關係曲線推估集水區境內不同滑動深度崩塌土方量模式。</p>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對石門水庫集水區境內崩塌土方量模式建立，DEM 進行分析其崩塌地高程變化，顯示大型的崩塌事件會影響集水區境內崩塌體積估計結果，小型的崩塌事件數量雖佔大部份，但總體積卻不到總崩塌體積的 15%，對總崩塌體積之估計影響甚小。</li> <li>2. 若採單一回歸之崩塌面積與體積關係線在崩塌體積估計上會明顯高估實際值，若改採依不同滑動之回歸線公式則結果較準確且誤差在可接受範圍內，滑動深度小於 0.5m 之崩塌地在崩塌體積估計上有較大差異。</li> </ol>   | <p>本研究之議題為相關領域亟需且重要之議題，惟相關類似之研究眾多，建議後續比較國內外類似研究成果之適用性、獨特性與限制性。</p>  |
| <p>地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立—以 921 地震為例</p> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 此計畫目標為利用 1999 年 921 大地震時期之崩塌資料 (MW=7.6) 及統計分析方法發展坡地易損性曲線。</li> <li>2. 此計畫方法將針對地震引致坡地崩塌的問題，將利用地理資訊資料、衛星影像資料分析其環境因子 (潛因) 與致災因子 (誘因)，建置研究區環境資料庫，再以此計畫所提之坡地易損性分析方法，建立以尖峰地表加速度 (PGA) 為致災誘因的易損性曲線。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 針對烏溪流域集水區完成 1999 年九二一地震中崩塌資料庫建置，內容包括九二一事件前後期衛星影像判釋、崩塌地萃取、事件尖峰地表加速度 (PGA) 推估、集水區地文因子分析等。</li> <li>2. 此計畫成果顯示，高程因子較不適宜作為坡地易損性曲線的分類因子，故不採納作為坡地易損性分析中的坡面分類因子。</li> <li>3. 此計畫已完成針對烏溪流域集水區坡地易損性分析，總體而言屬合理趨勢。</li> <li>4. 於不同因子情境之成果顯示，若致災資料不充足，易造成結果不佳，且此計畫定義之坡向強弱面，會隨震度越高差異越大。</li> <li>5. 而在坡度因子方面，可發現坡地易損性隨坡度增加而上升，即表示越易崩塌，但隨震度提高崩塌機率並無擴大現象。</li> <li>6. 此計畫利用實際崩塌進行不同崩塌危險程</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 目前地震對於坡地災害影響之評估方式，國內外尚無定見，也是本局目前尚缺的研究領域，本研究所提之坡地易損性評估方式，應為可行之方向。</li> <li>2. 此計畫利用坡地易損性分析方法建立以九二一地震尖峰地表加速度為致災誘因的易損性曲線，其計畫成果豐碩，除針對不同環境因子進行評論比較外，亦將評估後之崩塌危險程度與真實崩塌進行驗證。</li> <li>3. 由驗證成果發現，此計畫評估之正確率達到 88%，惟其評估危險程度尚有些許屬於高估情況，故其正確率有待商榷。</li> <li>4. 本成果未來或可作為後續震後之土石流警戒基準值的調整依據。</li> <li>5. 建議後續可以前揭成團隊發表之地表振動強度機率分布圖中，震度 5 以上地區進行相關評估。</li> </ol> |

| 計畫名稱                  | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果   | 成果綜合評估  |
|-----------------------|---|--|---|
|                       |   | 度驗證，客觀評價計畫成果之崩塌危險程度評估成功率。由驗證成果中顯示，對於崩塌危險評估正確率達到88%。  |   |
| 里山保育-生態守護與環境教育計畫      | <ol style="list-style-type: none"> <li>以新竹縣芎林鄉鹿寮坑荒廢果園為示範場域，導入志工走入社區，協助棲地維護與友善農耕推廣，期許恢復土地生機並活化在地產業，創造農村社區「生活、生產、生態」三生的三贏局面。</li> <li>為達成里山倡議的核心理念，採取五個策略：(1)友善農耕守護土地行動、(2)建置里山生態資料庫、(3)志工走入社區 x 行動支持(4)解說里山生態(5)里山保育講座。</li> </ol>                                     | <ol style="list-style-type: none"> <li>改良土壤，將荒廢的果園重新經營並以友善農耕之方式耕作，不使用化肥，並將友善農耕之過程拍攝成影片記錄。</li> <li>建置里山生態資料庫，分享於網站與社群臉書。</li> <li>導入志工行動，補充農村不足之人力，協助生態保育、社區維護及友善農耕。</li> <li>辦理 19 梯生態導覽及 9 場里山保育講座，解說里山生態理念。</li> </ol>                            | <ol style="list-style-type: none"> <li>本計畫場域(鹿寮坑)位於新竹縣芎林鄉華龍社區(屬農村再生社區)，建議未來可與當地農村組織共同合作，共創里山保育願景。</li> <li>本研究所提農村發展機制及效益，建議長期追蹤及俾利進一步評估及推廣。</li> </ol> |
| 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫 | <ol style="list-style-type: none"> <li>為振興原住民部落自然農業及小農經濟，透過食農教育，以創新的思維及做法，針對意見領袖及都會社群推動生態飲食體驗、認知和實踐，拓展行銷，以協助原鄉部落友善農耕發展，並改善小農經濟。</li> <li>本計畫同時接觸原鄉小農與邀約都會社群，彙整原鄉小農年度可提供的食材，設計共食菜色，透過社會企業專業採購農產品，舉辦都會社群共食活動。透過共食體驗，支持原鄉農產品，由一社群支持一群小農，數群小農服務數個社群，創造互利的循環經濟。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>以創新、試驗思維推動社群共食計畫，共累計 40 場次，18 個社群，626 人次體驗。</li> <li>彙編「生態飲食指南」，推動食農教育，加強一般民眾學習生態飲食知識。</li> <li>彙編團圓共食作業手冊，從緣起、前置作業、共食作業、菜色剪輯、循環服務，完成紀錄共食服務平台機制。</li> <li>辦理 2 次部落森林旅遊，讓都會社群深入產地了解生態、栽種與作物背後成長的故事。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>本研究以食農教育結合都會社群共食，推展原住民部落有善農業及小農的經濟，具創新性、試驗性。</li> <li>惟共食推廣機制，對農村經濟及友善農耕長期發展之輔助效益建議仍需進一步評估。</li> </ol>           |
| 以智慧資訊網絡強化社區自主防災研究     | <ol style="list-style-type: none"> <li>計畫之目的不在於發展新的監測或傳播技術，而是檢討目前資訊提供的項目、來源及方式，藉由深入的焦點訪談，嘗試回答以下幾個問題，並研提強化對策。</li> <li>既有資訊網絡是否足以提供社區防災的需求？</li> <li>資訊網絡可以在哪些方面強化社區自主防災？</li> <li>如何運用資訊網絡強化社區自主防災？</li> </ol>  | <p>本研究獲致的成果可歸納如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>對於一般民眾來說，最直接相關的訊息就是疏散撤離指示，其本身是否處於災害潛勢區內，以及未來的災害預警。</li> <li>在颱風豪雨期間除可由個人電腦查詢到重要的現地及警戒資訊。電視仍是土石流防災社區內居民主要的資訊取得媒介，而廣播及口耳相傳是社區居民，尤其對較年長者認為較習慣的訊息通知方式。</li> </ol>                           | <ol style="list-style-type: none"> <li>此計畫於執行面須有暢通之通訊網路，故建議須有備援系統，以利通訊暢通。</li> <li>於風險管理角度，建議加強各項防災宣導，並持續協助社區居民使用，發揮已建置網絡功效。</li> </ol>                 |

| 計畫名稱                              | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果   | 成果綜合評估  |
|-----------------------------------|--|--|---|
|                                   |  | <p>3. 許多土石流防災社區地處山區或較偏遠地區，有網路訊號品質較差，在颱風豪雨容易中斷的問題，造成資訊取得及通訊的困難，亟需提升通訊品質。</p>  |   |
| <p>基於農村四好欣模式-活絡在地能量村聚落關鍵住戶之互惠</p> | <p>1. 現今農村普遍面臨對農作物實質價值瞭解不足，忽略土地、生物環境關係，這些問題可能造成農村衰退、功能喪失及文化難傳承之因素。本計畫係研究的農村聚落關鍵住戶的實質參與及認同，對農村永續發展及農村活化再生之影響。</p> <p>2. 本計畫著重在於農村有關住戶之相關教育與連結，包括：<br/>(1) 校園、社區成長學習課程<br/>(2) 導入企業社會責任贊助提供校園蔬食材。</p>                | <p>1. 針對關鍵住戶導入相關教育活動，深化瞭解認同四好(好食在、好住所、好生活、好心情)。</p> <p>2. 運用在地資源、耕作、文化及特色，促進校園親師生、社區居民及農友彼此互動、了解及認同，進而形成互助、互惠之支持力量。</p> <p>3. 透過豐富的課程及活動中，邀請校園親師生、社區居民及農耕農友參與、多方交流，增加彼此互動機會，進而相互熟悉並認同，形成農村自主、互助之支持力量，朝農村永續發展目標努力。</p>              | <p>建議將本研究計畫之成果製作成推廣教案及影片紀錄，以協助其他農村社區運用此機制及成果，擴大成效。</p>  |
| <p>結合農塘綠化生態產水業營造生態農村研究</p>        | <p>1. 在里山倡議理念下，結合綠水生態產業，共同營造生態農村，提高農村經濟效益及農民所得。</p> <p>2. 建立農村社區導入綠水生態產業之機制與社區自評機制，研擬綠水生態產業之遴選評估流程與推動方式，探討綠水生態產業提供的生態農村永續發展的可行性。</p>   | <p>1. 以農塘活化與綠水生產業進行生態營造，可提高水資源運用及水源涵養的效益。綠水生態產業的營造，可提供閒置農地的農村產業再發展，進而強化農村社區的凝聚力。</p> <p>2. 綠水生態產業(如油茶)如採低密度種植年平均效約 27.9~42.3 萬元/公頃-年。農民如採高強度管理則年平均效益可達 65.6~169.9 萬元/公頃-年。</p>   | <p>1. 建議可遴選具備本研社區試作推廣，以評估其發展性與經濟效益。</p> <p>2. 綠水生態產業非短期內可獲得直接經濟效益之工作，其前期投資較大，建議相關單位訂定相關輔導或補助制度，俾利此產業發展。</p> |
| <p>台灣韌性農村社區評估與先期實證研究</p>          | <p>1. 檢視農村再生條例相關子法，提出因應現階段氣候變遷之調整建議，作為後續推動各項調適策略法令基礎。</p> <p>2. 檢視農村再生總體計畫研擬架構，提出縣市政府因應現階段氣候變遷建議，作為後續引導農村社區落實氣候變遷調適之依據。</p> <p>3. 完成台灣韌性農村社區發展模式之建構與驗證：首先將透過文獻回顧與案例分析方式界定台灣韌性農村社區評估架構及指標。</p> <p>4. 就推動「水土保持與農</p> | <p>1. 完成台灣韌性農村社區評估體系之建構：利用模糊德爾非法專家問卷訂定七大韌性農村評估指標，其中農村組織運作之權重為最高。</p> <p>2. 完成質性訪談實證研究結果，根據青年農訪談之結果，24 個次則在所有訪談中皆有 50% 以上被選出，其中以農會產銷班數於訪談內容中被提及最多次(80%)。</p> <p>3. 南向國家水土保持與農村再生合作可能性結論，綜合歸納上述訪談 15 位國內外專家學者之結果，發現本研究目標國皆對學術、技術</p> | <p>建議持續與相關領域專家討論，並作為韌性農村評估制度建立時參考依據。</p>  |

| 計畫名稱                                      | 計畫目標及執行方法   | 計畫執行成果  | 成果綜合評估  |
|---|---|---|---|
|   | <p>村再生技術南向策略」目標，首先回顧與歸納分析歷年水土保持與農村再生計畫與技術，依照不同議題面向之架構進行彙整。</p> <p>5. 於東協十國中擇定先期研究目標國家，進行其水土保持與農村再生技術進行現況與需求調查。</p>  | <p>交流與人力培育與農村再生成功經驗移植有合作意願，另外泰國、越南與尼泊爾皆建立常態雙邊交流合作意願。</p>  |   |
| <p>農村黃金遊程國旅卡興國旅卡研究</p>                    | <p>1. 農村旅行與「國民旅遊卡新制」相互結合之機制研究，希望藉由結合行銷及整合農村產業、生態、環境與文化特色，讓更多人認識及體驗台灣農村之美。</p> <p>2. 研究方法，包括從文獻探討、盤點符合國旅卡消費使用之旅行社業，並與其進行宣導說明會及討論會，現勘具有實質效益的國旅卡農村旅遊示範路線等。</p> | <p>1. 盤點及建置中部地區旅行社業者資料庫。</p> <p>2. 建置國旅卡方案下，旅行社業者與農村社區之農村旅行遊程配合機制。</p> <p>3. 盤點與檢視既有農村遊程路線，規劃具有實質效益的國旅卡農村旅遊行程做為示範路線。</p> <p>4. 針對未來旅行社與農村社區持續合作機制提供建議。</p>  | <p>1. 建議未來農再計畫推動，可配合本計畫五條農村黃金遊程進行規劃，並持續評估其旅客成長與經濟效益。</p> <p>2. 後續建議宜長期累積資料，並導入大數據分析。</p>  |
| <p>以里山倡議精神營造農村生態與文化地景研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例</p> | <p>3. 以里山倡議精神進行苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區農村生態與文化地景之研究。</p> <p>4. 本研究包括文獻回顧與資料蒐集，了解蕉埔社區資源以及議題，並且進行實地勘察、訪談、環境教育活動，並透過問卷調查，深入了解社區自然與人文資源，並將資料進行質性與量化分析與整理。</p>                 | <p>1. 完成蕉埔社區水利系統、農業地景、交通系統、信仰廟宇、機構設施等實地調查與紀錄。</p> <p>2. 本計畫蕉埔社區發展關鍵是在45歲~54歲俱有里山倡議的觀念的農民，可針對這群小農推廣友善農法，協助行銷友善農作產品，共同發展可持續性的居民作模式。越年青的居民越重視在地傳統水利、傳統疊石工法等文化地景。</p> <p>3. 當地老化程度達「超高齡社會」，勞動人口嚴重不足，45歲以上中老年人口達59.8%，需透過多項措施協助蕉埔居民規劃推廣農村再生。</p> <p>4. 經訪談，當地急需協助的三項措施：(1)改善水利設施，促進農作的生產。(2)增加防災設施與系統。(3)協助小農推展銷售市場。</p> | <p>3. 建議後續可輔導本計畫之研究地區一蕉埔社區為農再社區。</p> <p>4. 透由農再社區成立，再進一步規劃朝里山倡議精神永續農村社區方向發展。</p>  |
| <p>農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性研究</p>              | <p>1. 整合區域亮點特色資源、環境因子、社會經濟條件及社群眾資訊等，建構區域發展潛力分析模式。</p> <p>2. 以資源整合多面向分析架構，作為產業跨域及區域亮點計畫評估依據，挖掘更多具潛力發展區域。</p> <p>3. 透過大尺度區域統計及微觀農村特性，以系統化方式進行農村跨</p>          | <p>1. 有別於傳統區位分析方式，此計畫主要探討「民眾打卡語意剖析」及「農村發展評估因子」之對比，研析民眾觀感與現況資源的落差，方能對農村區域潛力發展有較為精準的評估。其中，各區域發展主軸、特色及條件均有所差異，且打卡數量多寡絕非判斷區域潛力基準，更需透過語意</p>   | <p>1. 此計畫利用志願者地理資訊(VGI)進行農再區域發展潛力及跨域整合，由結果顯示此方法不僅能有效檢視既有計畫推動之成果，並提供發展建議及策略，更能挖掘其他區域之亮點，惟現有資料完整性、適切性與效度仍應因時、事、地制宜調整。</p> <p>2. 另，此計畫之方法可被參考應用於其他領域</p> |

| 計畫名稱                                  | 計畫目標及執行方法  | 計畫執行成果  | 成果綜合評估   |
|---------------------------------------|--|---|--|
|                                       | <p>域空間統計及整合決策分析應用。</p> <p>4. 藉由潛力分析結果，針對各農村區域提出整體發展建議及策略，作為未來相關計畫推動之參考依據。</p>  | <p>頗析、發展評估因子比對，方能區域潛力發展有較為精準的評估。</p> <p>2. 結合空間地理資訊與民眾打卡語意剖析能更詳細探討每一個區域發展現況與潛力，再將各項指標標準化後，亦能合理進行評估，分析，並且挖掘區域亮點。</p>   | <p>或資料探勘，例如於坡地防災上，針對每次事件，透過推廣與民眾參與，展現其效益。</p>  |
| <p>以國土計畫法及區域劃分觀點進行山坡地土地可度利用之可行性研究</p> | <p>鑑於國土計畫法已正式施行，既有之山坡地土地可度利用程度分類結果的判定，除查定基準因子的考量外，理應納入整體環境、景觀或保育的思維，建立一套可量化的標準性作業流程，並納入整體性評估思維，進行山坡地土地可度利用程度分類之判定，藉以降低國土計畫法實施後可能對民眾產生之影響。</p>                | <p>1. 完成基礎圖資及評估指標相關文獻之蒐集與整理，並進行區域內之查定分類結果判定。</p> <p>2. 完成評估指標的遴選與計算以合興段及石湖段為例，找出分類平衡曲線，提供後續進行查定判斷之依據。</p> <p>3. 結合既有查定工作流、多目標規畫決策模式及國土計畫法等，查定標準作業流程。</p>  | <p>此計畫成果可供未來策略管理及法規擬定之參考。</p>  |
| <p>運用互動虛實整合於水土保持教育成效分析</p>            | <p>此計畫擬提出一虛實整合技術製作具互動性與臨場感的展場影片，透過網路及智慧型手機與簡易式頭戴裝置，即可觀看VR影片及互動，同時也具擬真的臨場感。因此經由網路來操作，藉此快速提高成果滲透度與普及化。</p>   | <p>1. 此計畫已產出3部VR宣導性教材影片，其中一部是繪本導向VR電子書，而其餘兩部則以全景式製作VR宣導影片，主要內容呈現華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室之教學設施為主。</p> <p>2. 除製作VR影片外，亦針對中部大學院校學生實施學習施測，利用智慧型手機與VR頭戴裝置觀看，並採用相依樣本t考驗分析。</p> <p>3. 由實證研究之結果可發現，在沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能與臨場感等都有顯著差異。故利用此計畫產出VR電子書之宣導性教材影片有助於學習水土保持及防災觀念且達到快速宣導效果。</p> | <p>1. 本研究建立之VR互動影片建議可置於本局官網、e-learning、FB等進行推廣與加值用。</p> <p>2. 此計畫VR電子書部分可即時上傳學習回饋資料至雲端資料庫，助於提供水保局後續效益分析。</p> |
| <p>以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究</p>    | <p>透過行動地圖調查工具或架構，作為農業資源或設施之回報機制；結合觀光旅遊族群促其發揮群眾智慧，針對景點、農業特特點等農業資源，以簡單的定位、拍照、記錄三步驟完成行動圖資調查，輔以訪談及觀察，產出並分析內容，加上開放資料之對應出之農業資源調查與記錄圖資，達成農村社區聯防、訊息分享與觀光應用之推廣成效。</p> | <p>本研究彙整結論如下：</p> <p>1. 以一行動地圖工作，結合群眾智慧之匯整為可行架構。</p> <p>2. 群眾智慧需制定一可驗證可追蹤之機制。</p> <p>3. 國內軟體業者進行服務項目之推動仍具困難度，因國內氛圍仍存存「不願意花十年培育一個台灣自有之地圖工具」之實。</p> <p>4. 由上而下宣導此行動地圖工具，結合群眾智</p>   | <p>此計畫成果著重於群眾智慧回饋制度之可追蹤性即可驗證性，但仍需更多實例進行數據偏差值修正與篩選，故建議以長期滾動式方式進行相關協力計畫。</p>                                   |

| 計畫名稱 | 計畫目標及執行方法 | 計畫執行成果  | 成果綜合評估 |
|------|-----------|---|--------|
|      |           | <p>慧成為調查主架構，減少行政人力為不同資料潔淨度所耗費轉換格式之人力時間成本。</p> <p>5. 建議可參酌本計畫的作法以人工檢視及系統進行驗證二者進行，並在計畫進行過程中，先瞭解資料驗證的限制，再予以修正人工或系統自動匯入的權重。</p> <p>6. 建議以長期滾動式方式進行公私協力計畫。</p> |        |

## 附錄八 各計畫成果摘要報告

本年度創新研究計畫成果摘要報告將於下頁起，依計畫序號排列。

# 深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究

財團法人成大研究發展基金會蔡元融助理研究員

## 一、前言

### (一)計畫背景

近年全球在氣候變遷影響下，大規模崩塌(深層崩塌)災害現象頻傳，造成台灣多個區域有重大災害，也使得現有坡地土砂災害警戒、預報與應變機制面臨考驗。

### (二)計畫目的

針對防減災十年計畫之各項策略，其執行方法所需關鍵技術進行開發與研究，因此本計畫以「深層崩塌與區域水文及水質特徵變化之關聯性研究」為題，希望透過崩塌區水質指標(導電度、矽含量)之逐時觀測，建立水質指標與坡地水文之關聯性，做為坡面地下水文狀況變化之推估基礎，做為未來大規模崩塌之發生預警基準建立之參考。

## 二、研究方法

### (一)計畫執行架構



### (二)現場水樣採集作業方法

水樣採集地點以主流河道、支流匯入點及邊壁滲水等區域為主。而採樣重點區域通常為邊壁滲水、較有代表性的主流，及支流的最上游位置。

### (三)水樣來源分析

採集之水樣，可以透過地下水水質結構進行分類，將地下水水質中之主要陰陽離子繪製 Piper 水質菱形圖，並分類。

### (四)水樣分析方法：

水中無機離子分析、水溶解態矽酸鹽分析及溪流導電度分析，以此三種方法。

## 三、研究成果與討論

### (一)水樣來源分析成果

本研究所要探討的水質偏向於未受人為影響或是海水鹽化之地下水，故本研究將第Ⅲ區及第Ⅳ區內的水樣品剔除。

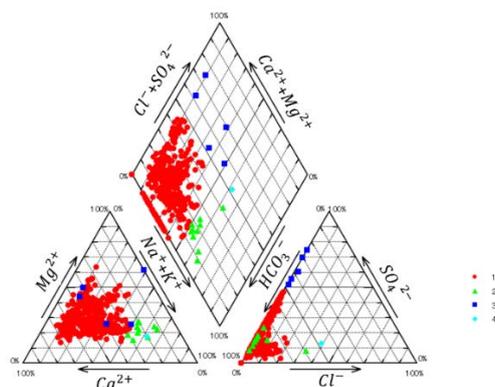


圖 5-1 本研究所所有水樣套用至 Piper 水質菱形圖

## (二) 水質特徵背景值建立

發現在電導度值相對較高的部分也有未發生崩塌及非位於大規模崩塌潛勢區域內；也發現在大規模崩塌潛勢區內或位於已發生崩塌區位有較高的導電度的趨勢，如圖 5-2。

## (三) 關聯性建立

本研究選定 26 個子集水區(表 6-2)之分析成果，得到關係式為回歸出一條  $R^2=0.7152$  的回歸線，如圖 6-3，透過此回歸線可以發現當崩塌率越高，其電導度值也會有越高的趨勢。

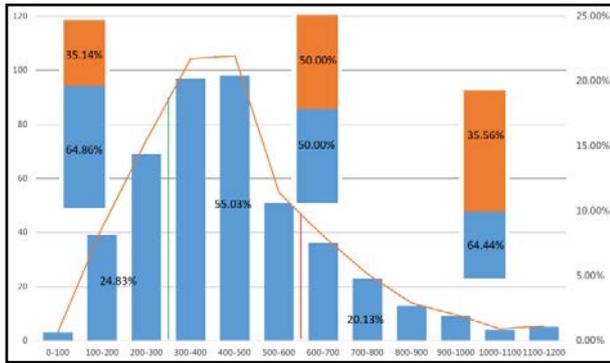


圖 5-2 水樣點導電度值分類

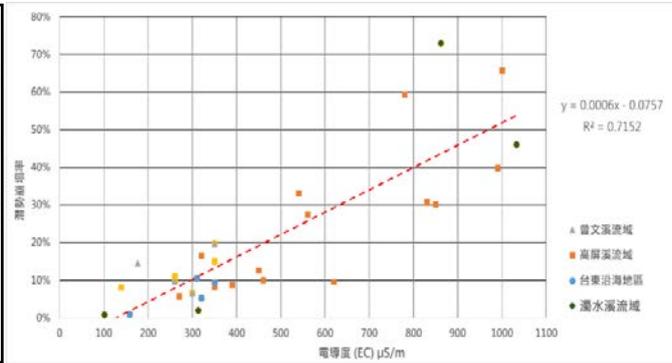


圖 6-3 崩塌率與電導度值之關係圖

## (四) 區域性水質特徵及電導度調查

### 1. 高雄市六龜區興龍里調查：

溪流上游兩岸皆有崩塌地，且子集水區於 2009 年莫拉克颱風時，曾發生崩塌，故此點有相對高值匯入溪流主體內。以大規模崩塌潛勢區作分界線，可以發現當溪流水體流經潛勢區前後的電導度值趨勢為急速上升後緩慢下降。

### 2. 高雄市六龜區寶來里調查：

發現當溪流水體從崩塌地上游至下游時，溪流電導度會有明顯的抬升，而且當溪流水體流過大規模崩塌潛勢區後，會有下降的情況發生。由此趨勢可以看出，當一溪流中上游有大規模崩塌潛勢區的話，雖然其溪流電導度值會受到崩塌地所流出的側壁影響，但是並非電導度會一直呈現該區域高值的狀態。

### 3. 南投縣仁愛鄉石灰坑野溪調查：

此次調查時間為汛期後，因此並無明顯水流，水流多由坡面滲出匯集，由於本溪流兩側坡面均為潛在大規模崩塌區，因此本區觀測之水樣應都夠其影響，因此本區調查後之水體電導度多屬於較高數值區域(900-1178)。

## 四、結論

本研究的时间差異主要為乾季與濕季之分，乾季的電導度值大於濕季的電導度值；從空間差異，可以發現四大流域中，電導度值最高的為高屏溪流域、林邊溪流域、曾文溪流域及台東沿海地區，然而單就高屏溪流域內，其美瓏溪流域與濁口溪流域的電導度值相差  $200 \mu S/m$ 。

從溪流調查與導電度的關係可以發現，溪流的導電度值受到崩塌地湧水影響，當溪流越靠近崩塌地湧水其電導度值也越高；當溪流遠離崩塌地湧水其電導度值會降低。

# 應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像對舊有崩塌進行再發性評估

國立中央大學 姜壽浩助理教授

## 一、前言

相較於光學感測器，合成孔徑雷達影像觀測較不受天候影響，近年研究開始將其應用於山區崩塌之監測與預判工作，而過去的研究顯示相當多的崩塌災害事件乃是發生在舊有崩塌地上，亦或是與過去之崩塌事件有關，因此針對舊有崩塌之再發問題進行評估應為一重要課題。本研究運用多時序的雷達影像，包含 ALOS 以及免費可取得之 Sentinel-1，利用永久散射體差分干涉技術偵測舊有崩塌之坡面變化，以了解邊坡崩塌發生後其後續的活動狀況，並進行崩塌再發性之評估。本研究選取荖濃溪一子集水區作為研究區，針對 2009 年莫拉克颱風造成之舊有崩塌進行分析，並以無人飛行載具進行現地空拍，觀察崩塌地現況，以比對雷達影像之分析成果。

## 二、研究方法

本研究應用 Sentinel-1 合成孔徑雷達影像，嘗試使用此免費影像資源，針對山區崩塌進行多時序雷達影像分析之可行性，其流程為：(1) 收集 Sentinel-1 雷達影像，完成相關影像前處理，建立影像資料庫。(2) 針對研究區舊有崩塌地進行永久散射體差分干涉法(PS-InSAR)分析。(3) 對舊有崩塌地進行再發性評估。而本研究雷達影像之分析可分為兩部分，首先本研究嘗試使用 NDSI 分析 (分析雷達訊後向散射係數之變化) 檢測其偵測新生崩塌之能力，其次為利用永久散射體差分干涉法 (PS-InSAR) 分析舊有崩塌地之變動情形。

## 三、研究成果與討論

### (一)NDSI 紋理分析以偵測新生崩塌

本研究分析 NDSI 訊號的紋理有以偵測新生崩塌地，採用小集水單元進行坡面尺度分析 NDSI 訊號的紋理，用以偵測坡面的變動 (圖 1)。本研究計算坡單元內訊號之熵 (Entropy)，比對衛星影像可以發現裸露的崩塌坡面可以對應到 Entropy 值較高的坡面，若考慮大於 1 公頃之崩塌地，94% 之崩塌地落於高 Entropy 之坡面，大於 3 公頃則全數落於高 Entropy 之坡面。顯示利用 Entropy 來分析 NDSI 訊號之紋理可以有效判釋由莫拉克事件產生的新增崩塌，由其對大型之崩塌更具有良好的偵測效果。

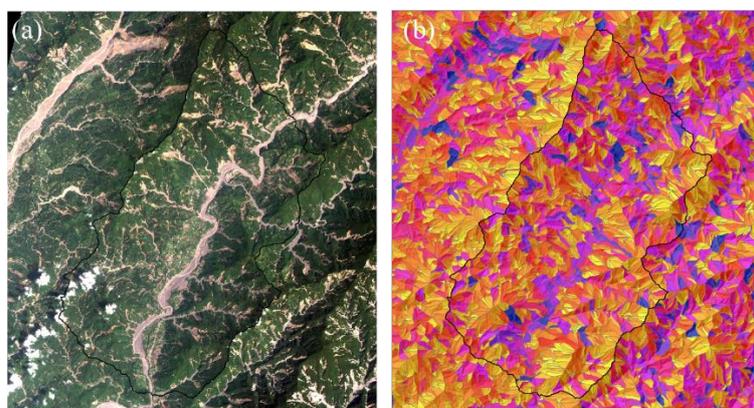


圖 1 (a)莫拉克風災後之福衛二號影像 (b)以坡面單元進行紋理分析之成果

## (二) PS-InSAR 分析舊有崩塌的活動性。

本計畫利用 PS-InSAR 分析檢視舊有崩塌之活動情形，偵測時程為自 2014 年 10 月 22 至 2017 年 11 月 1 日，以每隔約 3 個月為間距，使用 24 幅 Sentinel-1A 影像來進行 PS-InSAR 分析。為求觀測數據之可靠性，將同一位置上所有配對影像計算之變形與時間（以第一幅影像日期為起始時間，單位為日）進行線性相關性分析（皮爾森相關係數），最後成果僅選取相關性大於 0.7 且顯著程度  $p\text{-value} < 0.05$  之變動位置，並剔除崩塌地以外之觀測點，以檢視舊有崩塌目前的變動情形，因此顯示之崩塌變化為持續性之單向變化（持續侵蝕或持續堆積），成果如圖 2 所示。分析成果顯示，研究區內主要為侵蝕持續發生，主要發生在北部，南部地區並無明顯變動，而在此 3 年間的平均侵蝕量為在 20 cm/yr~100cm/yr 之間。

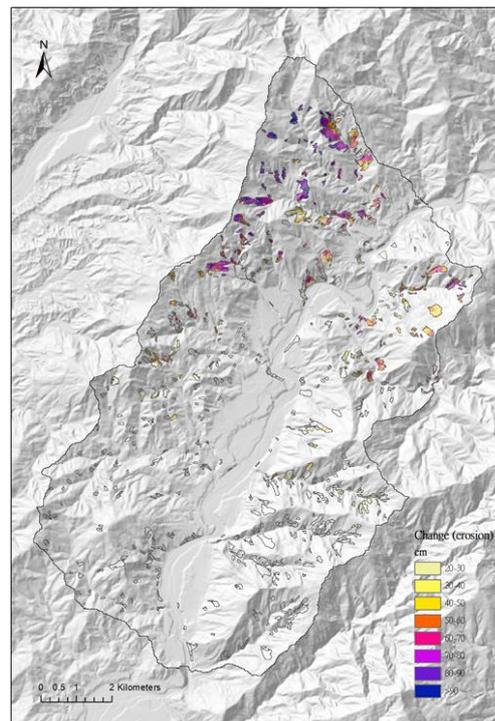


圖 2 PS-InSAR 分析成果

圖中顯示研究區內舊有崩塌主要為侵蝕持續發生，以北部為主，南部則無明顯變動。

## 四、結論

本研究顯示，分析 NDSI 之紋理變化能有效地偵測事件新生之崩塌，且對大規模的崩塌地有相當好的準確性；另外，以 PS-InSAR 分析本研究區之舊有崩塌動態，結果顯示研究區北部舊有崩塌坡面仍有持續侵蝕的情形，而南部則無明顯的變動狀況。藉由歷史 SPOT 影像以及現場無人機空拍比對，顯示 PS-InSAR 之分析成果與現況相符。本研究評估研究區內之舊有崩塌地之再發性發現：研究區內之可能再發之舊崩塌主要為持續侵蝕，且主要分布於區內北部，相對來說，南部則較穩定，再發可能性較小。此外，本研究歸納下列崩塌地再發的可能條件：(1) 崩塌坡面面積較大，崩塌面持續裸露，並仍殘留土石堆積，較易再發；(2) 坡度過陡使植生難以恢復；(3) 位於河岸攻擊坡，坡腳持續遭到侵蝕。根據研究成果，本研究相信 SAR 影像分析技術在崩塌動態調查上有相當高的應用價值，可具體精進我國邊坡災害防治與減災措施。

# 土石流潛勢溪流之地文因子綜整判定

國立中央大學土木工程學系 周憲德 教授

## 一、前言

台灣山坡地土砂災害問題在面臨氣候變遷及地質脆弱的條件下，更加複雜與嚴峻，且因土砂災害發生區域及規模不易掌握，故土石流災害潛勢地區之判定並進行相關防減災工作之規劃，是當前坡地防災之重要課題。行政院農業委員會水土保持局（以下簡稱水土保持局）於1990年起委託多項土石流研究計畫，判定全台土石流潛勢溪流，截至2017年1月為止共有1705條（水土保持局，2017）。依水保局「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」（2013）中所述，土石流潛勢溪流初步判定之包括「保全對象」及「溪谷地形」兩項，與溪流集水區特性有關者僅為「溪谷地形」，亦即「溪床坡度大於10度以上之集水面積大於3公頃」者。惟依此特性操作時，滿足此條件可被劃入之野溪、坑溝數量相當多，故宜就地文因子作進一步之篩選以提升效率。本計畫針對判釋土石流潛勢溪流，以北部新店溪流域平廣溪流域、加上南投陳有蘭溪流域及高雄旗山溪流域進行比較分析。本研究從高精度數值地形中萃取出之崩塌及土石流的地文參數，並了解山區集水區內過去土砂災害發生之型態、溢流點、致災規模及影響範圍等關係。比較北部平廣溪子集水區實際土砂災害及中部陳有蘭溪流域及南部高雄旗山溪流域現有土石流潛勢溪流進行驗證，提供後續土石流潛勢溪流劃設之依據。

## 二、研究方法

流域險峻值(Ruggedness) 或 Melton's ratio ( $MR=H/\sqrt{A}$ ；H 為集水區溢流點以上最大高程差(Relief)，A 為溢流點以上集水區面積；Melton, 1965)與坑溝或野溪長度關係等參數曾被用於探討集水區尺度之潛在災害類型(Jackson et al., 1987; Wilford et al., 2004; 沈淑敏等, 2007)。本研究使用高精度數值地形為基礎(1 m 或 5 m 精度)，對上述北中南三個流域使用 Environmental Systems Research Institute (ESRI)所開發之地理資訊系統軟體 ArcGIS 10.2 軟體外掛程式水系分析軟體 (Arc Hydro) 萃取所需之地文因子，進而從事土石流潛勢溪流水文及流域險峻值(MR)之分析。並分析不同流域現有土石流潛勢溪流區域分析加以驗證該方法之可行性。土石流潛勢溪流與地文因子關聯性：本研究採用無因次地貌參數流域險峻值(MR)與溪流長度關係，探討集水區潛在災害類型，並從中研究分析適合應用於台灣本島北、中、南各區域之代表性地文參數因子與災害分類準則。

## 三、研究成果與討論

Mizuyama(1982)整理日本山區發生土石流之流域面積特性，歸納出土石流之集水面積介於0.01-100 km<sup>2</sup>(即 1-10000 公頃)，且土石流的單位面積土砂產出量有隨面積之增加有遞減之趨勢。經彙整 Mizuyama(1982)的日本土石流案例及台灣北部(平廣溪)、中部(陳有蘭溪)及南部(旗山溪)之土石流流域面積分布。北部平廣溪之土石流集水區面積較小，其集水區以介於5-100公頃為主；中部陳有蘭溪則以10-1000公頃為主且其峰值位於500公頃；南部旗山溪亦以10-1000公頃為主惟其峰值位於50公頃。由上述可知土石流之規模以陳有蘭溪最明顯，南部旗山溪次之，北部平廣溪最小。然而單以面積並無法代表集水區之地形險峻及產砂量，故其本身尚不足以作為土石流潛勢溪流之判釋門檻值。

土石流集水區溪溝發展起點皆大於高含砂水流集水區，並由此可見溪溝的發育以平廣溪最成熟，這也反映在其一、二級河川之總長度與流域長度之比值較高；反之，溪溝的發育則以旗山溪最年輕，溪流的起始集流面積最大，陳有蘭溪則居中。故在較大面積( $>0.2 \text{ km}^2$ )的子集水區計曲線法或固定網格數(即集水面積門檻值)法皆可適用；但如集水面積小於 $0.2 \text{ km}^2$ (坡面型土石流)則宜採用 $0.5$ 公頃的集水面積計算溪流線較能反應溪溝的地形特性。如陳有蘭及旗山溪二個流域以計曲線計算的溪流起點所相應的集水面積絕大部份都大於 $0.5$ 公頃，甚或達 $0.2 \text{ km}^2$ 。本研究判釋之堆積扇坡度與MR呈現良好之冪次關係。此一堆積扇表面坡度關係與Kovanen and Slaymaker(2008)所提出之Melton's Group 1回歸式相近，上述關係說明MR的確為反映地質構造及溪流輸砂能力之良好地形參數。整體而言，對於研究區內受土石流控制之堆積扇，其MR皆大於 $0.4$ ，且堆積扇坡度大於 $3$ 度。

經現地勘查判釋，流域長度 $7 \text{ km}$ 並不足以作為陳有蘭溪土石流溪流長度的上限，即流域長度大於 $7 \text{ km}$ 仍存在土石流與高含砂水流並存的區間(如DF185, DF192, DF193)。而由旗山溪的土石流案例可知 $MR=0.43$ 亦不足土石流溪流之下限，即MR介於 $0.3-0.43$ 時，仍有土石流溪流之如高市DF018, DF020；但DF017, DF043則應為高含砂水流。為了解流域險峻值及溪流長度作為判釋土石流溪流地貌因子的適切性，並以足夠的地形資料進行佐證，本計畫乃收集大陸四川、甘肅、雲南等地近年來之土石流案例共 $142$ 條土石流溪溝之判釋分類。大陸的山區河川規模雖大於台灣西部河川，但河道上土砂災害之地貌分類可一體適用：即 $MR > 0.43$ 且 $L < 7 \text{ km}$ 者為土石流； $0.3 \leq MR \leq 0.43$ ，且 $L \leq 14 \text{ km}$ 及 $MR > 0.43$ 且 $7 \text{ km} \leq L \leq 14 \text{ km}$ 者為高含砂水流及土石流並存； $MR < 0.3$ 則為洪水。對於具主支流交匯靠近下游溢流點的集水區，如南投郡坑溪(DF185)及高市DF071(滴水野溪)除全流域外，亦應考慮支流集水區之險峻值，即支流產生土石流之條件。

#### 四、結論

1. 國內所定義之土石流之整體比重約在 $1.4-2.3$ 間(體積濃度在 $24.2-78.8\%$ )範圍略小於大陸所採用 $1.3-2.3$ (體積濃度 $18.1-78.8\%$ )，但較歐美國學者所認定體積濃度( $47-55\%$ )寬鬆，故判釋土砂類型包含歐美國學者所提出土石流、高含砂水流及崩塌等土砂運移特性。
2. 土石流之規模以陳有蘭溪最明顯，南部旗山溪次之，北部平廣溪最小。經地文參數及現地勘查台灣土石流案例之地貌門檻值。在流域險峻值(MR)部份，台灣北部流域(含平廣溪)為 $MR > 0.5$ ，中部陳有蘭溪流域為 $MR > 0.43$ ，南部旗山溪為 $MR > 0.30$ ( $0.3 < MR < 0.43$ 時土石流與高含砂水流並存)。在流域長度(L)方面，台灣北部流域之土石流集水區(含平廣溪)為 $L < 4.0 \text{ km}$ ，中部陳有蘭溪流域為 $L < 14 \text{ km}$ ( $7 \text{ km} < L < 14 \text{ km}$ 時，土石流與高含砂水流並存)，南部旗山溪為 $L < 7 \text{ km}$ 。不同區域之門檻值反映其地形、地質及氣候條件之差異，土石流與高含砂水流並存之區域仍需現地勘判定其土砂運移型態。
3. 統合三個流域資料及大陸 $139$ 條土石流溪溝之判釋分類，河道上土砂災害之地貌分類可一體適用：即 $MR > 0.43$ 且 $L < 7 \text{ km}$ 者為土石流； $0.3 \leq MR \leq 0.43$ ，且 $L \leq 14 \text{ km}$ 及 $MR > 0.43$ ，且 $7 \text{ km} \leq L \leq 14 \text{ km}$ 者為高含砂水流及土石流並存； $MR < 0.3$ 則為洪水。
4. 當溢流點下游有沖積扇時，堆積扇坡度與流域險峻值呈現良好之冪次關係，Bertrand et al. (2013)的門檻關係可供具溢流點及扇狀堆積之集水區是否為土石流潛勢溪流之判釋參考條件。

# 坡地淺層水力力學反應無線感測模組研發

國立成功大學 張文忠教授

## 一、前言

本研究目的為發展坡地淺層水力力學反應無線感測模組，自主研發佈設於地表之監測模組，解決山區邊坡監測不易與點位有限之侷限，並使感測模組無線化、自動化及雲端化，達到遠端即時監測之目的，後續可結合考慮耦合反應之邊坡穩定解析法，進行水力力學耦合(coupled hydro-mechanical)邊坡滑動分析，預測邊坡依時性反應，作為無線土層反應監測模組佈設及制定警戒值之依據，以精進現有經驗法預警技術，並作為智慧雲端化水土保持管理系統之感測端先導研究。

研究採用廣為應用於消費性電子產品及醫療器材之微機電系統 (Micro-electromechanical system, MEMS)感測器，利用開放式(open source)微控制器(Micro Control Unit, MCU)進行硬體整合，並導入區域與全域通訊模組，客製化具無線網路通訊功能且可監測邊坡水土保持有關之物理量，本年度整合包括地表傾角、土中分層含水量、降雨量等不同監測模組，藉由多點佈設單點匯集之通訊概念，形成分布式淺層土壤水力與力學反應感測網。由於此類電子產品可大量生產因此可大幅降低成本，所開發監測模組具有模組化、客製化、低成本且可快速安裝之特性。監測之結果回饋邊坡破壞觸發機制研究與發展預警模式，作為開發可快速佈設且具力學理論之破壞預警模組，作為相關防災作為啟動之準據。

本年度計畫之主軸為開發低單價、易安裝且具即時連續觀測功能之邊坡水土保持無線監測網路，無線監測網路主要組成包括感測元件(sensor)、微控制器(MCU)、通訊單元及雲端主機，此三部分以韌體進行整合，另外還包括附屬之外構、電源及接收端。

## 二、研究方法

本計畫研究方法包括：(1)解析法與數值模擬於淺層邊坡穩定之分析架構建立、(2)物聯網(IoT)無線感測模組軟、硬體開發及(3)雲端即時顯示平台建置。初期以解析法進行水力力學耦合方法分析淺層無限邊坡穩定性，探討淺層邊坡穩定性與特徵物理量之關係，作為物聯網(IoT)無線感測模組之發展標的，並整合相關電子元件、感測模組為無線感測模組，使邊坡監測系統可便利安裝，並符合解析法架構下之物理量監測，同時結合雲端即時顯示運算平台，以即時回傳之監測值進行淺層邊坡穩定分析。

考慮一坡角為 $\beta$ 之無限長邊坡，在極限平衡狀態下並代入衍生莫爾-庫倫破壞準則與安全係數為1時其臨界破壞深度如式(1)所示：

$$d_{cr} = \frac{c' + \gamma_w \cdot h_c(z) \tan \phi'}{\gamma_t \cdot \cos^2 \beta (\tan \beta - \tan \phi')} \quad (1)$$

式中基質吸力水頭隨深度的分佈 $h_c(z)$ 可由1-D入滲流分析解得，代入式(1)進行迭代計算得到 $d_{cr}$ ，圖(1)為一場址之壓力水頭依時變化與場址破壞包絡線，在0.75m深度，以公式(1)推估之破壞過程體積含水量依時變化如圖(2)所示，由破壞時間(42 hr)往前推算可決定不同時間所對應之體積含水量。

## 三、研究成果與討論

本計畫以交通部運研所(2016)之邊坡淺層無線監測模組為基礎，改善其電源供應、區域傳輸網路及廣域無線模組，結合雲端顯示與儲存平台。利用 Arduino 相容之晶片為監測端之微控制器，整合所需感測元件，發展不同監測目的之感測模組。本年度完成觀測降雨入滲之分層土壤水分計、地表傾角之高精度傾度儀(tilt meter)及自記式雨量計(rain gauge)，並以可形成區域通訊網路且具長距離通訊能力之 LoRa 模組建立感測模組間及與接收端通訊，經由接收端連結現有 3G 通訊網路，將資料即時上傳

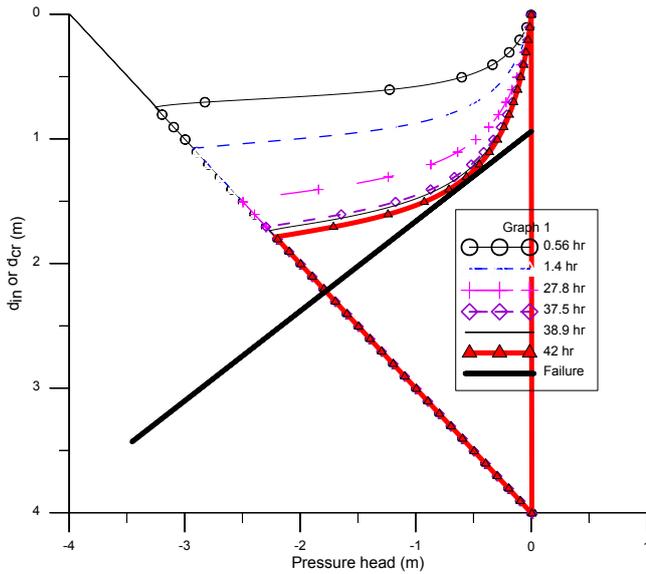


圖 1 壓力水頭與破壞包絡線

圖 2 淺層體積含水量變化及依時預警概念

雲端伺服器，使用者可以網頁瀏覽器監看，達到遠端監測之功能。

本年度計畫完成包含兩組不同深度電容式含水量計、高精度傾斜儀之淺層水利力學耦合觀測模組，並研發無線即時雨量計，利用物聯網常用之 LoRa 通訊模組形成區域網路，以 3G 模組連結廣域網路傳送至雲端平台，監測網路佈設於阿里山五彎仔路段，進行現地測試。

以淺層水利力學耦合觀測模組觀測邊坡入滲行為，結合現地雨量計觀測，可建立場址降雨與入滲之關聯，圖 3 為體積含水量現地監測資料，符合初期設定目標，且本報告亦提供現地入滲速率及非飽和水力特性推估流程。

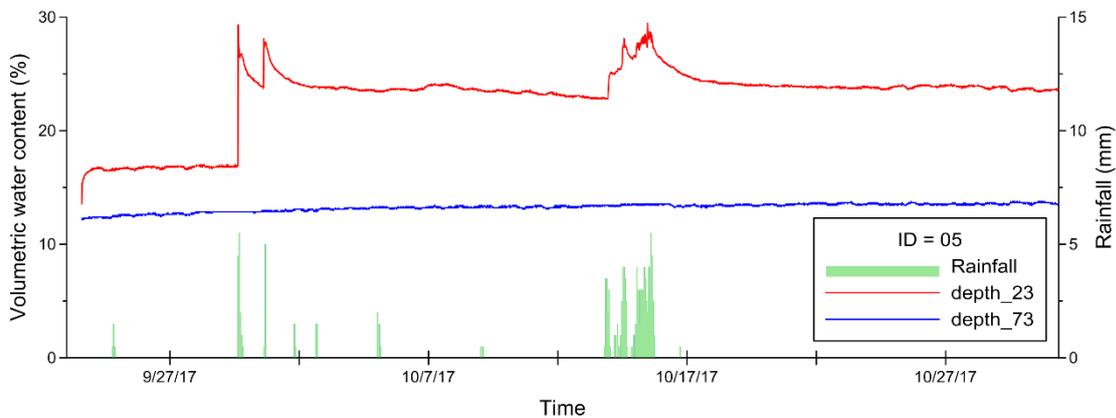


圖 3 體積含水量監測資料

#### 四、結論

本年度計畫已完成之項目包括(1)無線監測感測模組原型設計測試、(2)現地無線監測網路佈設及(3)資料處理程序原理與應用等，但因模組研發耗時且元件需經長時間測試，因此本年度現地監測時間有限，且現地設備須經耐久耐候測試，因此建議後續可持續監測，並增加場址數量。

# 深層崩塌與地下水特性研究

華梵大學 程向榮營繕組組長

## 一、前言

華梵大學(以下簡稱本校)校區位於新北市石碇區，整體邊坡大致分為上邊坡校區、中段大崙路邊坡及坡趾市道 106 乙線等區域，上邊坡校區於建校後近年來路面及建築物常有裂縫產生，經本校長期校區地層變位觀測成果顯示，校區每逢豪大雨地下水位快速上升，即有地層滑動情形，為確保校區邊坡安全已先於民國 105 年 5 月完成 2 座大口徑集水井(T-1~T-2)，其地下水導排量效果甚佳。近期於民國 105 年 9 月梅姬颱風過境後校區於華梵堂附近道路、建築物地坪有明顯新增張力裂縫及下陷徵兆，經整體邊坡檢視後中段大崙路邊坡及趾部市道 106 乙線，亦有發現道路隆起及擋土設施開裂等不穩定現象，顯示整體邊坡有滑動情形，且不穩定區域包含校區下方大崙路邊坡及坡趾市道 106 乙線，有必要加以調查分析及持續進行治理改善，以維護整體邊坡安全。

為瞭解本校及整體邊坡穩定及研擬後續邊坡治理規劃，辦理「深層崩塌地與水文地質特性研究」，期透過綜整前期本校相關調查監測等成果，以及近期整體邊坡調查監測結果，以瞭解滑動機制及邊坡安全評估。經整體邊坡現勘、補充地質鑽探及觀測等成果，提送本報告以提供相關單位後續治理規劃及補充調查之參考。

## 二、研究方法

### (一) 地質鑽探方法

本工作方式係採用鋼索式鑽機，為防止坍孔，全程皆套管進行施鑽。本鑽探工作依據 ASTM D2113-99 標準規定，採用旋轉鑽探法進行連續取樣。另於土壤層鑽探時，每隔 1.5m 或土岩交界處之深度，將依 CNS 14532 規定進行現場標準貫入試驗。

### (二) 地下水檢層試驗

使用之電解質為食鹽(NaCl)，將其加入鑽孔內之地下水中，然後量測各深度地下水之比電阻值隨時間變化量。當鑽孔中局部地下水流動相當快速，其比電阻值在該段則會有很明顯的變化，顯示其地下水有很明確的流動現象，至於比電阻值變化不大時，則表示該層並未有快速流動之地下水或水脈。本計畫於 17-1 及 17-8 鑽孔進行地下水檢層試驗。

### (三) 地下水離子試驗

本計畫進行地下水質分析，利用現場既有觀測井及完成集水井，共 10 處(如圖 3-5 所示)，進行地下水取樣，採樣設備係利用貝勒管(Bailers)，取樣後依據行政院環境保護署環境檢驗所(National Institute of Environmental Analysis, NIEA)標準檢驗法規定保存。檢驗試驗離子項目包括：陰離子(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、陽離子(Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>)之離子濃度試驗，共計取樣 10 組，取樣後依據 NIEA 標準檢驗法規定保存，並在規定時間內儘速檢驗與分析。

## 三、研究成果與討論

### (一) 校區內既有監測結果：

校區內過去已有進行地質鑽探作業，鑽孔位置多涵蓋在校區範圍內，因此本計畫除進行補充鑽孔(17-1、17-8)，亦同時綜整校區內、校區外之中段大崙路邊坡及坡趾市道106乙線區域之鑽孔調查，以瞭解整體邊坡地質分布及可能滑動規模。

(二)

#### 四、結論

本工作就上邊坡校區、中段大崙路邊坡及坡趾市道106乙線區域，近期現勘及近期調查監測成果等，進行綜合研判提出以下結論與建議。

- (一) 由前期調查及觀測成果顯示，上邊坡校區平時即略有滑動現象，於豪大雨或集中強降雨時滑動趨勢有加速情形，經民國105年5月完工大口徑集水井治理後，其井內地下水導排較果極佳，校區局部區域地下水已有明顯下降情形，惟大口徑集水井數量尚屬不足；近期中段大崙路邊坡及坡趾106乙線區域監測結果，仍有部分區域邊坡有滑動情形，故針對整體邊坡有必要再進行治理工程及更詳細補充調查監測等工作，以維護整體邊坡穩定及安全。
- (二) 整體邊坡穩定改善規劃以「排水為主，擋土為輔」為治理方針，採用大口井集水井為主要工法，部分區域採用擋土設施加以改善局部邊坡、建築物或擋土設施之穩定，工程採分年分期編列預算，規劃分三期進行治理工程，以逐步減緩滑動趨勢，達到長期穩定之目標。
- (三) 現況對於中段大崙路邊坡及坡趾106乙線區域相關調查及監測資料甚少，建議後續進行補充調查及監測工作，除持續掌握整體邊坡穩定性之外，更須釐清是否存在更深層滑動或屬於較大規模滑動之關鍵問題，一方面持續追蹤邊坡穩定及治理之成效，並作為後續治理規劃調整之重要依據。

# 陣列式光柵光纖感測即時解算系統開發與廣域無線傳輸地表監測設備整合之評估

中央研究院 郭志禹研究員

## 一、前言

台灣近年來極端降雨事件頻繁，加速坡地災害發生機率，2009 年莫拉克颱風造成高雄市甲仙鄉小林村山崩，即為極端降雨事件所引發之大規模崩塌災害。由於大規模崩塌產生之災害面積大，在其影響範圍，往往具有保全對象，諸如聚落與財產等。故針對有保全重點的大規模崩塌潛勢崩塌區域，連續、即時且穩定的現場深層監測是必須的。

然針對台灣特殊之地形、地質與氣候，甚至於植被等因素影響，現場監測在極端環境下，其可靠度往往大幅遭受設施穩定度及傳輸方面的挑戰。因此，本計畫將整合陣列式光柵光纖感測即時解算系統與無線傳輸地表監測設備，來解決現場監測所遭遇的問題。然而孔隙水壓為山崩重要觸發因子，深度分布式水壓監測為重點。

## 二、研究方法與結果討論

就光纖光柵感測器設計與現場監測原理而言，此技術具有耐候佳、抗雷及電磁干擾的特點，適宜應用於嚴苛環境之中。基於這項優點，國立交通大學黃安斌教授及其研究團隊設計了量測一系列物理量的感測器，如孔隙水壓計、傾斜儀、應變與溫度計等等，於此感測端發展逐漸完備。

我團隊遂於 2015 年兩次在宜蘭太平山林道 13km 處試行佈建該光纖光柵監測系統，期以即時監測深層山崩潛勢區之深層地下水壓，目標在連繫該水壓與山崩觸發機制。然而在連續高頻率及即時物理量呈現的要求下，發現當時之系統無法達成，需仰賴費時高昂易誤的人工解算程序，且需於設備端安置一耗能之工業電腦以驅動光纖設備，來存放及傳輸監測所得之原始光波數據，這些困難將阻礙本技術之推廣而其關鍵點在於資訊處理端的不定，亦即缺乏整合機制，故提出一整合驅動自動解算與資料回傳功能的系統，解算系統架構如圖 1 所示。

而主體是開發一涵蓋以上主要功能之常駐方程式，而掌握該資訊技術後，即可引入低功耗、小體積之嵌入式系統，以節約現地電力需求，延長監測之時序完整度等等，以克服更廣泛採用時所必需的門檻。同時藉由本系統開發，測試以系統餘裕的計算功能，再整合現今物聯網長距離通訊技術，了解此類新技術於山區的適用性，亦或是需要排除的障礙。在計劃中即時解算軟體與低功耗嵌入設備整合均可穩定運行，且已推廣至外海測風塔傾斜量測之中，而於本計劃中之無線傳輸評估中，則發現在本研究區域傳輸仍受侷限而預期需引入中繼接續功能之節點補強。

## 三、結論

本計畫的目標在於嘗試將目前新興的監測技術加以實用化，並提供至大規模深層山崩的即時與長時間監測。我們期許這些新技術能夠提供新的監測觀點，又或了解新技術現有的盲點，指出未來改進的方向。本結論將就計畫執行至 2017 年 11 月初的狀況作一總結。

(一) 光纖光柵即時解算系統開發：以此系統應用於首要的太平林道 13km 深層邊坡兩口地下水孔隙水壓監測井，我們已取得水壓歷線。特別是於今年度行政院防災應用科技計畫中所安裝的新 LTW03 井位，四枚水壓計的紀錄，反映了地下水文的狀況，這對將來在學理上了解深層山崩機制是非常重要的。而即時水壓計的讀數也是邊坡深層山崩預警最直接的力學指標，故本技術是未來值得繼續嘗試的。於今年度美中不足之處為於八月初，位於地表道路護欄連接光纖監測井位與採樣機房的鍍甲光纖，為鋼片型割草機絞斷以致於目前處於斷線狀態。礙於維修經費調動，僅能預計明年中完成。

(二) 低功耗採樣電腦系統之整合：由於前述系統是以標準資訊工具撰寫，有極佳的移植性，可移

植整合至各式嵌入式系統。由於嵌入式低功耗的系統使得在太平林道與離岸測風塔的監測得以長期運行。

以前兩點之成果應用於彰濱外海之離岸測風塔，則大幅提升了該測風塔之光纖動態傾斜儀的監測能力。目前該系統運作良好，處於隨時以 3Hz 的頻率，監視該風塔與風波流的互制作用，為本計畫重要的延伸貢獻。

(三) 遠距離低頻寬的通訊技術是順應 ”物聯網 (IoT)” 的趨勢所發展而成的特殊通訊方式，主要適應於低通訊量，但需長時間運作的模式。在本計畫中以市場所出現最高整合度的 Waspnote 為基底，初步開發了邊坡表面監測的模組，並以該模組為感測單元，測試在太平林道潮濕之森林環境的效能。目前狀況是雖然在都市中，該模組可達成設計目標，但於現場實測時仍受環境的影響，而仍須改進。

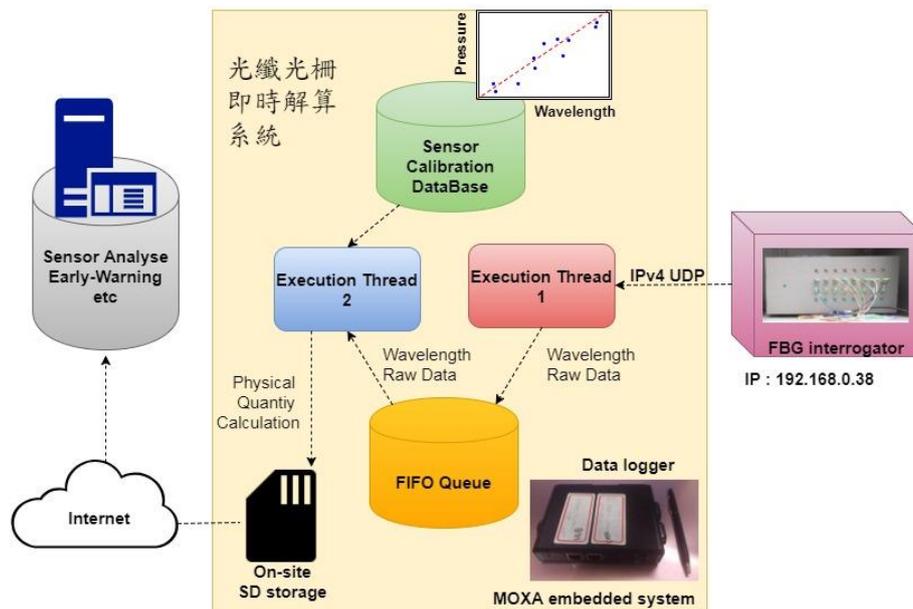


圖 1、解算系統架構

## 台灣土石流預警與撤離避難之成本效益分析(2)

國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 黃清勇主任

### 一、前言

隨著氣候變遷以及降雨集中趨勢逐漸明顯，部份山區土石流頻傳，政府自 92 年起開始執行必要性的疏散撤離措施，在莫拉克及凡那比颱風後，更進一步對於土石流高警戒區採取預防性的撤離避難措施。雖然目前許多地區已出現正面成效，死傷人數大幅降低，然而災防工作的持續運作仍必須仰賴政府預算的支持以及完整的成本效益分析。本研究的目的是建構土石流預警與撤離避難之效益評估方法，並透過訪談與問卷調查方式，了解政府投入的成本與民眾的需求，進而強化未來預警與推動自主性撤離避難的成效。

### 二、研究方法

(一)效益分析模型: 本研究使用非市場價值評估法中的選擇卡實驗估價方法，在問卷設計上需先進行焦點座談與試訪，與各方利害關係人溝通，界定出預警資訊及撤離避難屬性，組合成各種可能替代方案，供受訪者選擇，最後透過迴歸分析找出各屬性之邊際價值，並且將這些評價結果應用在減災政策成本效益評估中，以協助主管單位思考災防工作多重目標之設定及達成狀況，調整資源配置，並了解民眾需求，進而強化民眾自主避難之配合度。

(二)成本推估方法: 本研究將成本分為中央政府的支出與地方執行單位之支出兩部分，前者主要考慮水保局在水土保持發展的人事經費，而後者則來自各縣市主管坡地災防業務以及各縣市災防深耕計劃所投入之經費，再加上基層公所撤離與安置收容成本。本研究透過訪談與問卷調查，將各項投入項目先轉換成為成本金額，並計算平均每一人日的成本，再按照各警戒區土石流保全戶之戶數，推估全年政府投入的總成本。

### 三、研究成果與討論

(一)完成問卷修正與新增: 本研究參考第一年訪問遭遇的問題及不足之處修改，並新增家戶撤離成本等相關問題 (包括家中成員、交通工具、行動不便人口、撤離所需距離等)。

#### (二)成本面分析:

1. 本研究訪問花蓮、雲林、屏東三個縣政府，了解各公所在進行撤離時所面臨的問題、需求、花費項目與金額，包括加班費、避難物資、避難交通、水電費等，最後估算平均撤離人力 (輪值加班費與補休成本) 每撤離人次每日約 200-300 元，物資方面約 200-600 元，交通費每車次每人約 100 元，故平均單次事件撤離成本約 400-1,000 元/人/日。
2. 訪談得知各公所需求不一，花蓮縣各公所反應避難住所應改建並提升安全性、部分地區民眾避難意願不高、以及災害準備金不足；雲林縣古坑鄉公所建議加強預警資訊與災害潛勢提供，協助即早預判災害潛勢；屏東縣政府因大量撤離，必須正視人力不足與加班費發放問題。

#### (三)效益面分析

1. **完成土石流潛勢溪保全里訪談:** 本年度期中走訪宜蘭南澳鄉碧侯村等五個村里，發現各地風險狀況不同，預警避難需求也不同：風險高的地區（嘉義中埔鄉東興村），預警與避難需求也高，往往不待政府發布預警就先自行撤離了，惟其預警與避難效益評估值不一定高，顯示風險與效益值的關係呈現非線性關係。而中度風險地區（如宜蘭南澳鄉碧侯村），由於不確定性高，土石流發生機率難以判斷，對於預警與避難的訓練宜特別加強，尤其是原住民區域，應提供原住民語言之風險教育與避難課程演練，提升預警與避難行動力。
  2. **擴大樣本數與家戶訪問對象:** 本年度新增 230 個樣本數、希冀透過擴大樣本數與分層抽樣，確保不同分群均有抽取樣本數，以利後續進行全台土石流預警與撤離避難效益值推估，並利用補插法進行縣市效益值推估。總計兩年來訪問了 13 個縣市（全台土石流災害潛勢縣市共計 17 個）與 17 個村里，成果相當豐碩。
  3. **平均每人效益值與全台總效益值推估:** 利用第一年與第二年已蒐集到的樣本數估算發現，目前平均每人對預警與撤離避難效益值約為 2,100 元，若考慮簡訊傳送預警，效益將高達 2,300 元，利用此效益平均值推估 48,000 保全人數，全台效益值初估為 1 億 1,000 萬元。分項效益評價中以避難交通工具與避難住所提供之願付價格較高，由於第二年樣本多座落於深山偏遠地區，顯見這些地區希望政府提供交通工具，並提升避難住所品質，這些發現可供各級政府參考。
- (四) 比較政府與個人之成本效益:** 本研究以政府觀點出發，估算成本效益比率為 1.38:1，已達成本有效性，顯見水保局投入之預警與撤離避難之公共政策具有顯著實績，並能實際降低社會風險提升民生福祉。惟根據本研究推估每人避難效益，並對照個人避難實際成本與經濟成本，發現以個人觀點出發的預警與避難效益不符成本效益分析。突顯出地方政府在執行相關政策時所遭遇的困難，同時必須採用許多強制手段才能完成撤離工作，需要中央政府給予必要的支援。
- (五) 期末成果發表與座談:** 本研究透過期末成本發表會邀集各縣市政府（嘉義縣政府、宜蘭縣政府、新北市政府、與桃園縣政府）以及專家學者進行座談，各專家學者均提供相當寶貴之建議：包括成本效益估算之方法論與流程需加強論述與全面推廣，以確保未來此效益評估技術能為更多災防單位使用。

#### 四、結論

由目前成本效益分析結果來看，預警與避難之效益仍有提升之空間，尤其是預警傳遞的有效性與民眾對預警的信任度仍有加強空間。若能落實災害的預警發布、即時傳遞、與信賴感提升，將能進一步提高撤離避難效益並同時提升自主防災意願。尤其是目前大規模的撤離的確造成地方政府的龐大負擔，而撤離的責任不應完全落在中央或是地方政府身上，應協助民眾與社區自主避難，將有助於災害整體風險管理。因此建議採用以下方式提升個人避難效益：其一是強化氣象資訊教育，其二是提供較充份的氣象與災害潛勢研判資訊，一旦民眾與地方政府了解氣象資訊的解讀與使用方式，比較不容易有誤判情勢的狀況，也較願意配合撤離行動。一旦建立了預警的信任度，民眾對於預警與避難效益的不確定性會降低，整體效益容易提升。

# 影響民眾對土石流預警疏散避難決策因素之分析

國家實驗研究院台灣颱風洪水研究中心 楊尊華組長

## 一、前言

台灣因特有的自然與地質環境，常因地震、颱風或豪大雨等天然災害，造成山區大規模的土石崩塌、地滑或土石流現象，導致民眾財物損失甚至人身傷亡等重大災情。行政院農業委員會水土保持局（簡稱水保局）於民國 90 年規劃建置土石流防災應變系統，主要目的之一就是希望藉由即時掌握土石流情資，包含颱風豪雨動態、雨量變化、降雨預報和溪流水文變化等相關資訊，研判土石流發生之可能性與影響範圍，及時發布土石流警戒預報，使警戒區域民眾能及早進行疏散避難，減少生命財產損失。執行土石流預警疏散避難作業時，當土石流黃色警戒發布時，應會主動進行預警性疏散撤離；尤其面臨土石流紅色警戒、地方政府執行強制撤離時，更應會配合執行。然而在實際執行土石流預警疏散避難作業時，經常發生即使發布土石流紅色警戒，在強制疏散警戒區域內，仍有民眾不願進行撤離避難；或民眾疏散至安全避難處所後，在警報未解除前，又私自返回原居住處所，導致傷亡產生。這些事件不僅造成相關單位勤務執行上的困難與人力成本增加，更可能導致無謂的傷亡。因此，為了提升土石流疏散避難作業執行的成效，本計畫透過建置歷年重大土砂災例資料庫，釐清各地土石流災例特性、疏散避難執行與傷亡狀況等是否存在特定關係外，更進一步探討個別民眾面臨土石流災害風險時，影響其疏散撤離決策的主要因素，以期提升未來土石流疏散人民進行避難之效率。

## 二、研究方法

為了提升土石流疏散避難作業執行的成效，本計畫的研究目標有二：(1)建置完整的重大土砂災害歷史資料庫，除了可釐清歷年各地土石流災例特性、疏散避難執行與傷亡狀況等是否存在特定關係，亦可提升水保局的土石流災害應變管理能力；(2)找出影響民眾對土石流預警疏散避難決策的重要因素，民眾可能因人為因素、執行方式或其他個人因素做出不願意疏散撤離的選擇，透過找出影響民眾對土石流預警疏散避難決策的重要因素，包括土石流災例特性、社區關係等外在環境因素以及民眾個人行為或家庭決策等內在因素，期望能藉此提供相關單位未來研擬疏散避難計畫的參考，提高疏散避難作業執行的成效。

(1)建置完整的重大土砂災害歷史資料庫：本計畫透過水保局協助，蒐集民國 96-104 年的「重大土砂災例現勘及報告彙編」，逐一檢視各年度「災害現勘成果綜整表」，並以此為範本，將每一歷史災例事件，結合其災區基本資料（例如災害發生時間、災害發生地點（所屬縣市、鄉鎮、村里）、災害所屬流域、土石流警戒基準、參考雨量站、土石流警戒發布/解除時間和主要與次要災害類型等）、疏散避難（例如疏散時間、疏散人數與疏散地點等）及災損統計（例如死亡、失蹤和受傷人數、房屋受損棟數、道路損毀長度（以公尺計））等，彙整成一完整的重大土砂災害歷史資料庫。

(2)分析影響民眾對土石流預警疏散避難決策的重要因素：進行與行為決策因素相關研究時，研究者大多透過問卷方式蒐集初級資料，以獲得相關資訊。問卷資料的蒐集不外乎透過郵件寄送、電話調查與親自訪談等三種主要方式，而不同的問卷調查方式對資料蒐集與分析會帶來不同偏誤，本研究採取以電話調查選取有意願參與問卷對象，利用郵寄進行問卷發送，最後以實地訪查進行問卷內容交叉比對。

### 三、研究成果與討論

從本計畫建立之重大土砂災害歷史資料庫發現，民國 96-104 年全台重大土砂災例共 362 件，其中宜蘭縣、南投縣與高雄市分屬災例事件發生縣市的前三名，約占總事件的 46%；若進一步將新北市、屏東縣與嘉義縣的土砂災例事件列入計算，在這 6 個縣市所發生的重大土砂災例比重佔全台災例總數達 73%。歷年「重大土砂災例現勘及報告彙編」依主要災害類型，將全台每一災例事件歸類為土石流、沖蝕、崩塌和洪水四大類。歷年全台重大土砂災例主要的災害類型以崩塌 (48%) 為主、土石流 (25%) 次之。而造成這些災例的主要原因又以颱風 (75%) 和豪雨 (21%) 為主要因素。形成土石流的基本要件，包含上游豐富的堆積物、適當的地形、坡度以及充足的水分。臺灣山地與丘陵面積佔本島總面積約 2/3，地勢陡峭，再加上天然災害 (如颱風、豪雨) 常帶來豐沛雨量，因此在山區常發生崩塌、地滑與土石流等災害事件。由統計數據可知，雖然重大土砂災害常造成各地區房屋受損和道路受損，但造成人員傷亡多集中於某些重大災害事件，而且有災害發生有區域性特徵。因此可確知若能透過有效的土石流警戒進行預警性疏散撤離，將可大幅減少人員傷亡。本研究過程中發現相關之資料遺漏與彙整完成之重大土砂災害歷史資料庫將回饋給水保局使用，後續也將更進一步分析與探討土石流災例特性、疏散避難執行與傷亡狀況等存在的特定關係。

目前全台的土石流潛勢溪流有 1,705 條，分布於全台 159 鄉鎮、686 村里，為了增加問卷樣本數與回收率，本計畫針對重大土砂災害歷史資料庫中排名前六中之宜蘭縣、嘉義縣、南投縣、高雄市和新北市縣市國中學校合作，希望將問卷由學生以學校作業方式帶回家與家長共同填寫。此外，因為家中決定是否進行疏散撤離的主要決策者多是家長，問卷內容亦特別針對家長設計，問卷題目也特別加入「我是家中決定是否進行疏散撤離的主要決策者？」辨識問卷填答者的身分。所有國中的學區鄰近皆有土石流潛勢溪流與土石流保全戶，預估問卷可受測學生總數有 4,088 人。最後在接近 4,000 份有效問卷中找出前三名影響其疏散撤離決策的因素分別為(1) 認為現在居住環境很安全;(2) 目前天候無明顯風雨所以不需離開;及(3) 認為土石流不會發生。且若將有土石流相關經驗的 30% 樣本拿出來與所有樣本做分析比較，這 30% 受測者對收到「土石流黃色警戒」和「土石流紅色警戒」通知但沒有進行疏散撤離的決定影響因素結果與所有樣本的結果無異。

### 四、結論

本計畫的主要目的為探討土石流警戒發布時，影響民眾疏散避難決策的重要因素。本計畫以民國 96-104 年土石流災害發生最多的 5 個縣市為樣本，選取這些縣市裡鄰近土石流潛勢溪流的國中 25 所，透過學校作業與家長聯絡簿方式由學生將問卷帶回去讓家長填寫。雖然本問卷是設計透過國中生傳遞，但問卷填寫對象仍是以家長，亦即家中進行疏散撤離的決策者為目標，因此問卷回覆率不僅可達 78%，其結果也具有參考價值 (僅 8% 的比例是由學生自己填寫問卷)。從結果來分析，民眾自身判定自我或周遭環境沒有立即的安全威脅，因此不願進行疏散與避難之決定。因此，透過適度的加強民眾風險觀念是否有可能改善民眾進行疏散撤離的意願亦是未來研究可探討的重點。未來可依據模式判定針對不同種類民眾、或是不同訊息傳遞頻道例如網路、手機簡訊或村長傳遞等方式，提供最合適有效的訊息內容。此外本研究歸納出現今一般問卷調查方式有電話、郵寄與現地訪查三種方式，本研究也希望在未來引進開發以時下最流行之線上社群互動遊戲的方式進行更有效率之問卷調查，除了可更快速獲得具有代表性之調查結果外，也期望透過此一方式能夠同時改善本研究結論民眾往往因為自身判定無立即危險而不進行疏散決定之影響。

# 土石流災害保險制度可行性之研究

國立交通大學 單信瑜副教授

## 一、前言

來由於氣候變遷與極端天氣效應影響，台灣各地的極端降雨事件頻率顯著增大，使得土石流與坡地災害的風險提高。災害保險本身就是風險處置的手段之一，無論是政策性保險或民間的商業保險，都可以被用來降低災害風險的衝擊。許多已開發國家均經由制度之建立，使人民有機會藉購買天然災害保險而減輕財產損失的衝擊。但我國的保險制度發展較為緩慢且保守，因此在天然災害保險方面除了地震基本險之外，雖政府開放產險公司販售「颱風洪水險」與「地層下陷、滑動或山崩保險」，但投保比例相當低。既不符合經濟規模，亦無法達到讓大多數受到此類災害威脅的民眾獲得風險轉移的效益。本計畫透過土石流與坡地災害專家座談、產險業者訪談、社區民眾焦點座談，取得各方對於天然災害保險的現況困難處與推動方式建議。

## 二、研究方法

依據本研究課題之特性，本研究之研究方法包括：文獻分析、專家座談、深度訪談、焦點團體座談。

## 三、研究成果與討論

本研究透過與產險業者的座談，了解在政府要求業者開辦商業住宅天然災害保險至今，實際執行上的困難，亦即業者缺乏意願銷售此類保險的原因。亦透過受土石流與坡地災害影響社區民眾的焦點座談，了解民眾天然災害保險在民眾端沒有被接受和購買的原因。

「地層下陷、滑動或山崩保險」自 1999 年開辦至今將近 20 年，雖民眾投保比例甚低，產險業者無意願廣為行銷。相較於本研究透過訪談與座談了解的諸多原因，近 20 年政府的災害主管機關和保險主管機關，對於天然災害保險的推動並未採取任何積極作為加以改善，才是天然災害保險至今尚未被民眾知悉或接受的主要原因。

產險業者面臨的最大挑戰是因為社會的災害風險意識與知能不足，因此民眾天然災害保險意願低落，無法聚集足夠的保戶形成「大數法則」之效益。此外，天然災害相關基本統計資訊整合不易，目前並沒有精準的災害損失與風險評估，無法據以精算出分區分級之合理保費。歷次災害之後，產險業者僅有保戶的損失資料。政府對於全國各行各業、民眾住宅與財物損失並無廣泛且精確的統計資料，作為產險業者評估保險費率的依據。

政府機關在災害之後除了針對受災民眾依據各項法令予以補助，並藉此累積部分資料之外；對於普遍的災害損失並未有建立調查機制。災害防救單位會蒐集相關災例，探討災害原因，但是對於災害損失，或許各部會針對其所屬設施（例如學校、醫院等）進行災損調查，但是對於民眾的財物損失，並未進行調查。財政單位也僅對於報請所得稅減免的部分民眾有一部分數據，但不僅數據無法反映全面的狀況，也並未公開資料。

另一方面，偏遠地區民眾經濟能力遠低於都會區民眾，甚至於沒有固定收入，且其住宅也並不符合被保險條件。相較於收入較高的民眾，低收入的民眾受到災害衝擊的影響更大，回復能力更低；但他們確是災害風險較高的族群。就天然災害保險而言，面臨保險公司拒保與保費負擔重的雙重難題。以商業模式推動天然災害保險，必須盡量擴大保單基礎、提高自願投保之投保率、產生大數法則效應、

與降低保險費負擔，將颱風洪水保險提供予民眾選擇投保。政府在政策上，應鼓勵民眾投保洪災保險，逐漸將救助政策轉為天然災害保險制度。

#### 四、結論

依據本研究的專家諮詢會議、產險業者座談、社區民眾焦點座談的結果，以及國內推動天然災害保險制度的文獻分析，本研究針對土石流保險的可行性提出以下的結論：

1. 以目前國內由民間產險公司販售土石流保險的天然災害保險制度，由於保險標的限定，造成無法避免逆選擇必然性。因此，在無法擴大投保客戶基礎來形成大數法則的狀況下，在業者端面臨有意願投保的民眾極少，在民眾端面臨保險費過高的雙重問題。因而目前國內已投保「地層下陷、滑動或山崩保險」者多為相對經濟強勢，且實際上土石流與坡地災害風險遠較土石流保全對象風險低的民眾。

2. 由於逆選擇問題與投保客戶數量過低，業者無利可圖，行銷「地層下陷、滑動或山崩保險」與「颱風洪水保險」的意願甚低。

3. 許多土石流保全對象由於土地產權與建築物產權，以及建築物建築執照與使用執照問題，造成其住宅不具有投保資格。

4. 許多土石流保全對象由於收入不固定或收入較低，無能力且無意願投保「地層下陷、滑動或山崩保險」。

5. 許多土石流保全對象因颱風、土石流或坡地災害造成的農作物損失高於建築物與動產的損失。

6. 投保案件數量擴大即使可透過強制保險達成，但強制投保本身面臨是否違反憲法對人民財產支配權的保障問題，需要法界進一步討論。

7. 政府對於各類災害的各種補助與救濟，降低民眾自主承擔天然災害風險的意願。

本研究針對土石流保險的建議為政府應該針對土石流災害管理政策，亦即土石流風險管理進行全面的檢討。針對土石流風險處理的手段，規避、減緩、轉嫁、自留，進行完整且詳細的成本效益分析。如此才可以對各種風險處理的方式進行以財務為基礎的評價，據以制訂土石流風險管理的策略與行動方案。改變過去以工程手段為主的減災作為和以預防性疏散撤離為主的應變手段，而已更多元且符合提升效果與效率原則的方式管理土石流災害風險。

上述天然災害保險制度之推動困難，均說明現階段移植外國經驗推動天然災害保險制度之困難。因此，本計畫建議如欲對土石流潛勢區域居民提供即時幫助，必須暫時擱置將房屋保險列為首要之思維，改以推動各種較為小型之保險，以協助居民提高防災意識做好災前準備方可減輕損失，例如提供居民「土石流避難險」以提高其主動疏散之意願。雖然世界主要國家仍以提供房屋保險作為協助災民進行災後復舊最重要手段，我國囿於現狀實需另闢蹊徑，而此尚有待後續研究予以落實。

# 建立聚落周緣山坡坡面型土石流判釋模式及潛勢評估方法

## -中南東部沈積岩及變質岩區

國立屏東科技大學 陳天健教授

### 一、前言

我國土砂災害類型多樣，其中大規模崩塌及土石流潛勢溪流均多已有所掌控，然小規模淺層崩塌及小規模坡面型土石流則尚待更精確模式提供合宜之管理參而坡面型土石流，其規模較小，多出現於山坡單元。原民會統計原住民聚達 731 處，於現今氣候變遷狀況下，許多聚落周緣之山坡地可能演化產生坡面型土石流，更因其緊鄰聚落社區，極易形成小災害但高危害度及大災損的高風險災害型態，且由於其未被劃入土石流潛勢溪流或大規模崩塌影響範圍區內，常產生安全無虞之假象。基於此，本案採用地形特性因子，建立坡面型土石流/崩塌地之判釋模式，並進一步擬訂坡面型土石流災害潛勢分析方法，期望提供未來圈劃坡地危險聚落之參考，以助因應極端氣候之防災預警。

本年度擇定中部陳有蘭溪及高屏河流域內典型沈積岩 10 處，及南部及花東變質岩地質區之 10 處聚落進行模式開發研究。20 處聚落包括：1. 沈積岩區-南投水里鄉興隆村、信義鄉新鄉村(新鄉聚落)、羅娜村(羅娜聚落)、望美村(久美聚落、望鄉聚落)及同富村(同富聚落)，嘉義縣竹崎鄉緞繡村(樟腦寮聚落)、阿里山鄉山美村、新美村，高雄市那瑪夏區瑪雅里等地區共 10 處聚落。2. 變質岩區-板岩區以高雄市六龜區新發里(新開聚落)、中興里、大津里，屏東縣三地門鄉德文村，霧台鄉佳暮村，台東縣大武鄉大竹村(愛國蒲聚落)、延平鄉紅葉村；片岩區以花蓮縣萬榮鄉馬遠村、光復鄉大興村、秀林鄉銅門村(銅門聚落)等，共 10 處聚落。

### 二、研究方法

本計畫針對實際災害案例之分析單元，產製 19 項特性因子，建置成分析資料庫，進行各地質區崩塌及坡面型土石流分析單元判釋模式研究，再研擬最佳判釋模式及潛勢分析。其研究項目如下所示：

1. 建置坡面型土石流災害案例、圖資及調查資料庫。
2. 聚落周緣山坡之坡面分析單元劃分。
3. 建置地文、水文、災害等特性因子分析資料庫。
4. 最佳判釋分析因子選取。
5. 精進與擴充沈積岩及變質岩區之崩塌/坡面型土石流判釋準則
6. 精進沈積岩及變質岩區坡面型土石流地形潛勢分析模式

### 三、研究成果與討論

本研究收集本研究收集高屏河流域 2009 年莫拉克颱風豪雨引致之坡面型土石流案例 55 處，崩塌事件 55 處，應用坡面單元概念，建置 19 項特性因子分析資料庫，再新建與精進沈積岩、片岩與板岩地質區之三坡面型土石流地形判釋模式。該判釋模式再應用於中部陳有蘭溪及高屏河流域內典型沈積岩 10 處，及南部及花東變質岩地質區之 10 處聚落進行評估，而後再進而訂定出土石流潛勢分級模式。

研究成果顯示，變質岩區研究區內共計 29 處坡面型土石流坑溝，圖 1 為台東縣延平鄉紅葉村之坡面型土石流單元判釋成果，板岩區計 17 處坡面型土石流單元，模式分析所得之正確捕捉數量為 14 處，捕捉率約為 82%，整體(土石流與崩塌)捕捉率則為 82%；片岩區計 14 處坡面型土石流坑溝，正確捕捉數量為 14 處，捕捉率達 100%，整體捕捉率則為 82%。而沈積岩區之成果略差，研究區內共計

22 處坡面型土石流坑溝，模式之正確捕捉數量為 17 處，捕捉率約為 77%，整體捕捉率則為 74%。整體而言，片岩區及板岩區之判釋模式結果，顯示其適用性佳；然沈積岩區則仍尚有精進空間。

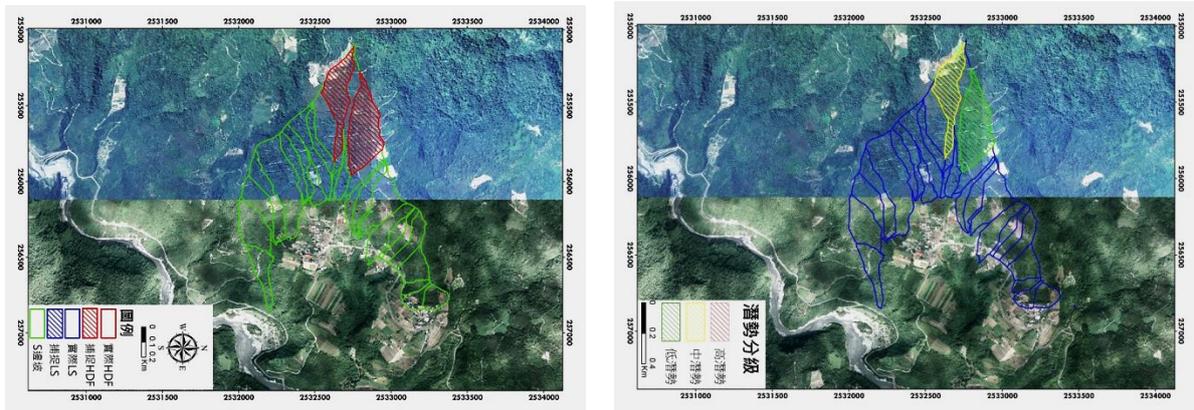


圖 1 B07-台東縣延平鄉紅葉村之坡面型土石流單元判釋及潛勢分析結果(範例)

本計畫進一步擬定了各地區之潛勢分級方法，同時比對經現地查核確認為土石流案例之潛勢，顯示其發生潛勢多位於中、高等級。其中，沈積岩區共計 22 處土石流案例，其中 16 處位於中、高潛勢，比例為 73%；變質岩區共計 31 處土石流案例，其中 24 處位於中、高潛勢，比例為 77%。而另聚落坡面型土石流潛勢評估結果顯示，沈積岩區中以 A08(山美聚落)、A09(新美聚落)、A10(瑪雅聚落)等三區危險性較高。變質岩中則以 B01 區(新開聚落)及 B03 區(大津聚落)危險性較高。

#### 四、結論

本計畫應用坡面單元概念，新建與精進沈積岩、片岩與板岩地質區之坡面型土石流地形判釋模式。本判釋模式再應用於中部陳有蘭溪及高屏河流域內典型沈積岩 10 處，及南部及花東變質岩地質區之 10 處聚落進行評估，而後再進而訂定出土石流潛勢分級模式。綜整結論如下：

1. 本研究收集本研究收集高屏河流域 2009 年莫拉克颱風豪雨引致之坡面型土石流案例 55 處，崩塌事件 55 處。同時建置 19 項特性因子分析資料庫。
2. 本研究以「崩塌坡面單元」概念，擬定坡面型土石流判釋分析單元圈畫方法。經測試顯示此分析單元劃分模式之應用性優良。
3. 本研究完成板岩區、片岩區及沈積岩區等三地質區之坡面型土石流新判釋模式。變質岩區獲得正判率達 87.5%，沈積岩正判率則達 90%；模式應用至 20 研究區時，亦可達到良好之捕抓率，惟沈積岩區略低。整體而言，土石流單元判釋成效優良。
4. 本計畫完成潛勢分級方法。同時比對經現地查核確認為土石流案例之潛勢，土石流案例其評估之發生潛勢多位於中、高等級，成果與實際土石流發生趨勢相符。
5. 聚落坡面型土石流潛勢評估結果顯示，沈積岩區中以 A08(山美聚落)、A09(新美聚落)、A10(瑪雅聚落)等三區危險性較高。變質岩中則以 B01 區(新開聚落)及 B03 區(大津聚落)危險性較高。
6. 綜合成果顯示，本研究發展之地形判釋模式及潛勢分析方法，可提供作為評估聚落周緣山坡發生坡面型土石流事件之潛能，能早期掌握土石流危險區域，降低災害之衝擊。
7. 惟台灣本島地質複雜，因此仍建議沈積岩及其他地質區(如台地、火成岩、廣域變質岩及海岸山脈等)則可再發展更精進之分析模式。

## 智慧化土石流預警系統建置(2)

國立臺灣大學生物環境系統工程學系 黃宏斌教授

### 一、前言

#### (一)研究背景

目前農業委員會水土保持局(以下簡稱水保局)係依據中央氣象局(以下簡稱氣象局)提供之實際和預測雨量，配合土石流警戒基準值，與協力機構之專家學者共同分析研判，適時發布土石流警戒。當氣象局發布某地區之預測雨量大於土石流警戒基準值時，水保局將會發布該地區為黃色土石流警戒區，地方政府應進行疏散避難勸告；如果某地區實際降雨量已經達到土石流警戒基準值時，則水保局會發布該地區為紅色土石流警戒區，地方政府應勸告或強制其撤離，並作適當之安置。

此一發布程序實施以來，已經創下連續好多年風災、土石流等災害無傷亡紀錄。雖然如此，為提高警戒發布之準確性，降低災害衝擊，下列事項仍然有必要加以重視和檢討：

1. 當降雨量突然超過預期並急速增加時，黃色警戒和紅色警戒發布時間不僅比預期時間提前，且降雨期間縮短時，水保局或地方政府如何在最短時間內分析研判，同時以最快時間通知當地所有民眾完成撤離。

2. 當居住於附近沒有政府單位設置雨量站的地區，其設有土石流防災專員(以下簡稱防災專員)會進行雨量觀測，當防災專員觀測到實際降雨量已經達到警戒值，且高於氣象局之實際觀測值時，水保局對於這些回傳訊息如何分析研判，並告知地方政府或防災專員該如何做明確之後續處置。

3. 除了降雨量觀測外，野溪水位變化、地下水位變化、擋土牆龜裂、地層滑動等變化，如何在暴風雨中自動監測，並即時傳送資訊給防災專員，研判是否立即做疏散、撤離等應變措施，保障生命財產安全。

由於防災專員紀錄之時間起自海上陸上颱風警報發布之後，因此，所紀錄之累積雨量會小於氣象局所紀錄者。如果氣象局雨量站之紀錄雨量可以代表防災專員所在位置之雨量時，則其觀測雨量大於警戒雨量之發生時間會在氣象局發布之後，會產生沒有預先預警之效果。如果氣象局雨量站之紀錄雨量小於防災專員所在位置之雨量時，當防災專員觀測雨量大於警戒雨量時，有可能已經遠超過紅色警戒時間，嚴重壓縮疏散撤離時間。

#### (二)計畫目標

由於第一年工作項目係建立雨量和水位之自動觀測、處理和通訊系統。因此，已經組合感測器、處理器和通訊系統三大單元，達成運作自動化。

##### 一、雨量觀測：

將水保局設定之各鄉鎮市土石流雨量警戒值，鍵入雨量計內之處理器，當觀測降雨量值等於該雨量警戒值時，立刻藉由通訊系統短距離傳至防災專員或村里長，再由防災專員傳送資訊至水保局或水保局指定之機關單位。護岸水位感測器之設計與雨量計類似，不過，水位計是以警戒值和行動值警示；而非黃、紅色警戒。

##### 二、微處理控制器：

為雨量、水位感測器和通訊系統連結之微處理平台，可以將雨量、水位感測器之訊號處理後經由通訊系統傳至防災專員或村里長。

##### 三、通訊系統：

本年度原先計畫檢視九芎湖試驗站之雨量計和水位計之運作情形外，也要在尖石野溪整治工程

地點設置雨量計和水位計，做廣泛之儀器操作、軟體運作和通訊檢視等工作。在台北分局媒合下，本研究配合中興工程顧問公司「宜蘭地區治山防災構造物洪峰量測」計畫，擴大在五峰旗、崩山湖、寒溪和碼崙等四個地區裝置雨量計和水位計從事現場觀測，並改進資料擷取、自動分析、雜訊消除等問題。另外，本研究以 3D 列印機製作之雨量計係沿用 1889 年，德國人 Sprung 和 Fuess 設計傾斗式雨量計之原理，除比較該雨量計在台灣地區之適用性外，並思考如何降低製作價格。

## 二、研究方法

由於目前廣泛使用之傳統式傾斗雨量計價格仍不便宜；光學、聲學和壓力式雨量計價格則更為昂貴，這也是防災專員使用簡易雨量筒之主要原因之一。因此，本研究建議在預設地點先設置試驗雨量站從事觀測一段期間後，分析出觀測資料和附近既有雨量站有顯著差異後，再做永久雨量站設置之考慮。同時，本研究在適用性比較同時，也會考慮材料價格，以研發價格低廉之臨時性、試驗性之智慧化雨量計和水位計，組合成試驗雨量水位站，解決現階段因為經費龐大導致關鍵雨量站設置不足之問題為計畫目標。

雨量計和水位計等電子設備之資料擷取、儲存和傳送都需要電力供應，目前市面上蓄電池之容量非常有限，一般為 5,000mAh。以耗電量最低之資料儲存為例，大都為 7 天容量；如果包含資料擷取、儲存和傳送等工作，一般為 27 小時。本研究設計目的在於可以在荒野沒有市電供應下使用，能夠透過太陽能和水力發電系統提供電源，以達到永續電源供應。本案有兩套設備，分別為智慧化雨量計和智慧化水位計，說明如下：

### (一) 智慧化雨量計

本系統主要是藉由漏斗，將雨水聚集至傾斗，再透過重量使傾斗旋轉以便控制核心計數。本設計經過許多討論與改進，透過 3D 印表機進行打印原型的方式，得以加快原型製造開發與討論。

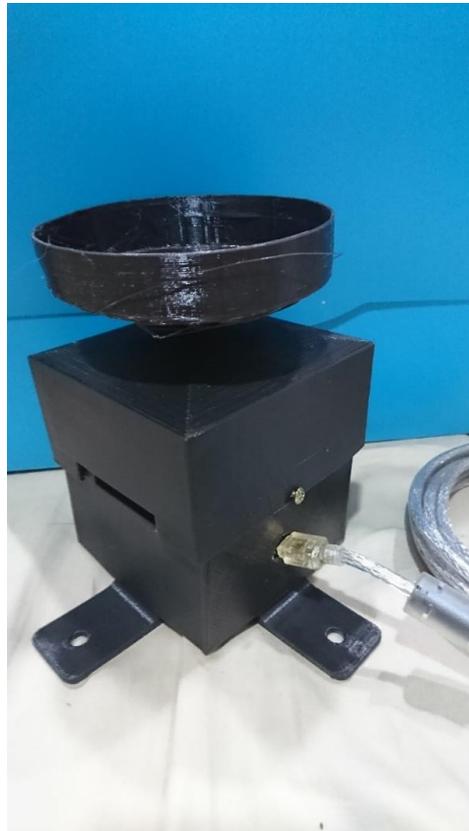


圖 1、智慧化雨量計成品

雨量計要進行雨量量測，需要微控制晶片進行傾斗傾倒次數計數後，再乘上單位，就能得到其累積雨量資訊。本系統採用 arduino nano 開發板作為其微控制晶片，並透過外部觸發的方式進行傾斗傾倒次數測定。從程式開始運行後，只有當讀取傾斗狀態的腳位接收到不同訊號時，整個運算程式才會進行啟動。

在使用者界面的部分，主要使用 Labview 程式語言進行開發，其目前介面如圖 2 所示。左上角的紅色警戒雨量欄位是提供使用者輸入當地紅色警戒雨量數值。VISA resource name 欄位是選擇傳輸線的串口。Read buffer 欄位是顯示收到的資料內容。為了未來能有多個串口連結，所以有不同的 label 來進行區分。而右上角的欄位是提供線性的逃離時間預測，而燈號則是監控是否超過輸入的紅色警戒雨量。右下角的 stop 鈕是停止程式。

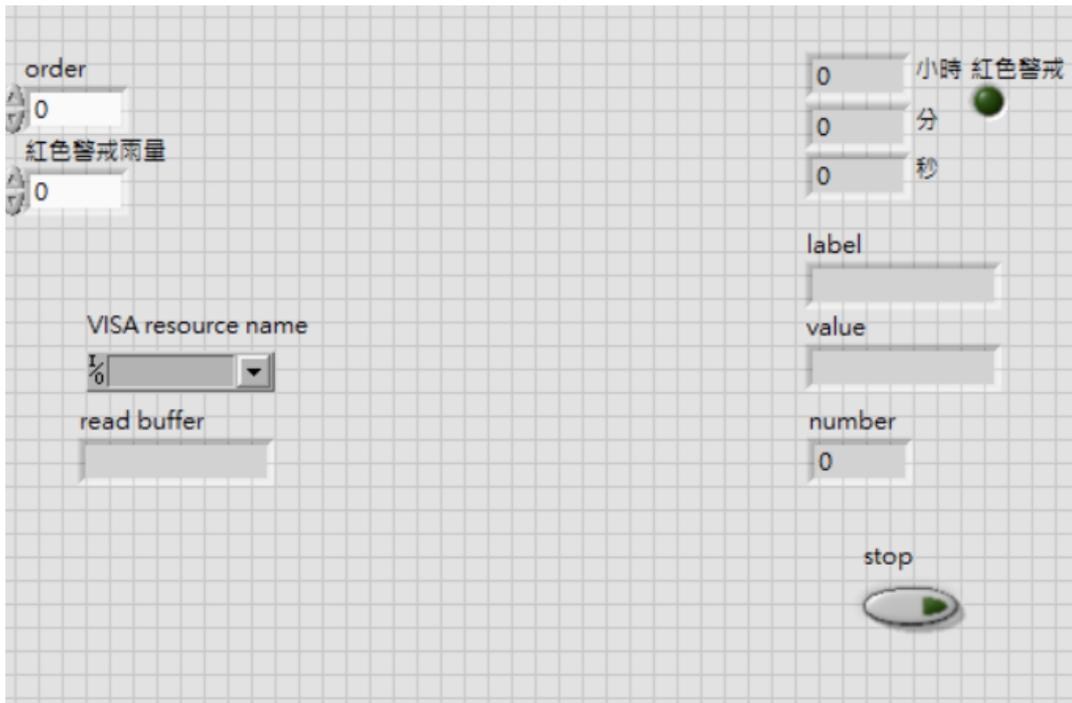


圖 2、使用者介面

## (二) 智慧化水位計

一個臨時性的監測系統的設置，常會遇到其構造組裝耗時和需要連結市電等問題。本系統主要目的便以簡單移動和綠能充電作為其核心價值進行開發。本系統主要由三個子系統組成，分別為電源供應系統、量測系統和運算暨儲存系統。電源供應系統主要提供電能給運算暨儲存系統，使其可以發布命令給量測系統進行量測，量測後的資料將回傳給運算暨儲存系統中進行儲存。

### 電源供應系統

電源供應系統共有電源管理板、電池組、太陽能板和微水力發電系統等組成。晴天時以太陽能板發電，並將多餘電量儲存在可充電電池組內；由於陰、雨天無法藉由太陽能板發電，因此以微水力發電系統發電代替。由於兩者之輸出電壓不同，也同時和微處理器之輸入電壓不同，因此，在電源供應系統之輸出、入端必須藉由電源管理板先做電壓調整處理。以下將對上述物件進行介紹。

### 電源管理板

本系統採用的電源管理板為 li-po rider pro 電源管理板，這是一個專為 MCU 專案所設計的鋰電池充電管理和升壓電路的電源模組，並具備標準的 USB 輸出介面。其主要特性是不管電力來源為何都提供穩定的 5V 輸出給控制核心，且晶片中已撰寫充放電和保護演算法，能避免電池組或晶片燒

毀。本系統利用這塊電源管理板，透過不同輸出電壓之太陽能板和微型水力發電機並聯來提供綠能充電的效果，如圖 2-14 所示。

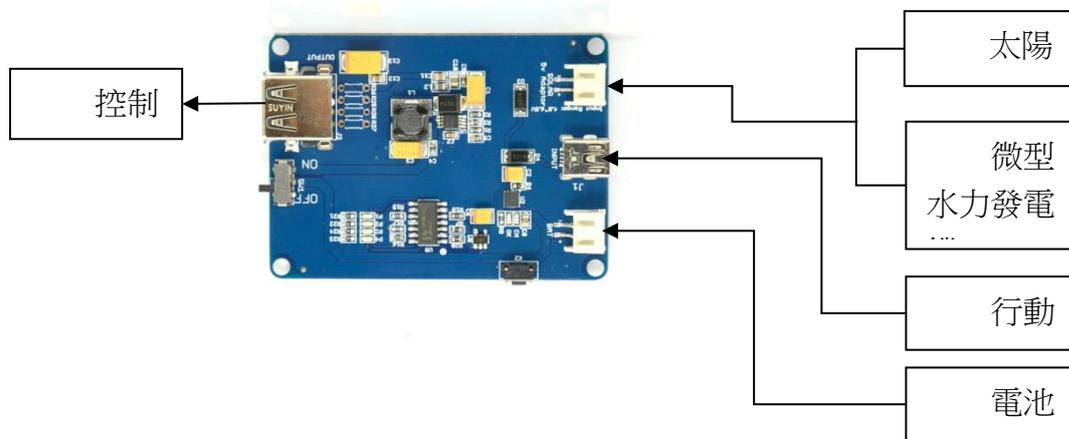


圖 3 電源供應系統電路示意圖

#### 太陽能板

太陽能板是透過光電效應產生電壓，本系統採用的太陽能板電壓為 3.3 V，為電源管理板的容許值內。

#### 微水力發電系統

為因應其便利性，使用一般常見的電腦風扇進行設計，透過水槽試驗進行驗證。本研究先比較傾斜和垂直的差異性，在同樣為 0.22 m/s 的流速下，風扇在傾斜的時候所測得的電壓為 0.18 V，而當風扇在垂直時，則會有 0.25 V，其傾斜角度會影響其電量，推估其原因大概是進入扇葉的水量和風扇的角度皆有關連。

另外，也有用市售的發電機馬達進行測試，測試樣品如圖 2-17 所示，其馬達防水只用熱熔膠，測試記錄如圖 2-18 所示。測試結果發現，發電機馬達的電壓在 0.22 m/s 時，與一般電腦風扇相同為 0.25 V，而加速至 0.3 m/s 時，可以有 0.39 V 的電壓產生。但是發電機馬達的防水性能必須自行製作。兩者比較起來，雖然一般電腦風扇的上升幅度不大，但是其有 IP68 的防水防塵認證，而發電機馬達需額外處理防水問題，故目前先採用一般電腦風扇進行設計。

目前之試驗以清水流為主，理論上，低泥沙濃度水流不會影響葉片旋轉。擬在未來探討不同泥沙濃度情況下之運作情形。

#### 量測系統

量測主要用市面上的超音波感測器進行量測，其量測範圍和靈敏度，對於本系統已十分足夠，其原理是藉由超音波對水面進行反射的方式進行距離量測，之後數據處理時，會再減掉總高度後取絕對值，才為真正的水位。因本次安裝地點都為溢流口斜面，在進行裝設的時候都需要用箱尺進行斜面長度量測，再透過三角函數換算出總高度以進行計算。

#### 運算暨儲存系統

本系統與智慧雨量計都使用 arduino nano 當作運算核心，當時間到的時候會透過超音波感測器進行距離資料擷取，擷取後的資料將會存進 SD 卡中，目前設定為 1 小時擷取一次資料，未來會改成 10 分鐘擷取一次。

就量測時間而言，因為其電池組為 4 顆 18650 電池並聯而成，共可提供 13600 mAh 的電量。而

arduino nano 平常使用會消耗 70mA 的電量，計算後共可以持續 194 小時，相當於八天。透過電力管理系統，行動電源將會再提供 6000mAh 的電量，而太陽能板和水力發電也會持續提供些許電量，估計也只能撐到十二天。為因應此狀況便使用 low power library 的函式庫，透過此函式庫可以將 arduino nano 在不擷取資料的時間中呈現待機模式，當擷取時間到後再進行喚醒。此方法的好處為晶片處於待機狀態時，消耗為  $\mu\text{A}$  等級，而其缺點是在待機時間中的所有功能將會無法使用。對於本系統而言，待機時間中，並不需要特別的運算，故可採用此函式庫將更加省電，以延長量測時間。

#### 實體外觀構造說明

實際製造出來如圖 4 所示，上方為太陽能板、右側金屬接頭會接上水力發電系統、而右的線是電源供應線和中間為超音波感測器。



圖 4 實體外觀構造圖

本套裝置係結合電源供應系統、感測器和微處理器在一方型塑膠盒表面和內部。在安裝到現場從事觀測後，中興工程顧問公司基於部分較偏遠地區，無法找到信號傳輸中繼站之合適地點，建議部分水位計採用人工每周到現場讀取資料方式進行，因此，本研究將第一代水位計改裝為感測器和微處理器各自獨立成為一個物件之兩件式改良式水位計。

#### 安裝紀錄

為了能夠瞭解所製造設計之雨量計和水位計在野外實際操作之表現，本研究和中興工程顧問公司合作，首先將雨量計和水位計裝置在宜蘭縣員山鄉崩山湖和礁溪鄉五峰旗兩處做測試研究。接著，再增加宜蘭縣大同鄉之寒溪和碼崙兩處試驗地。水位計安裝在潛壩或防砂壩溢洪口，配合斷面尺寸，可以求得通過該構造物之流量。圖 5 為崩山湖上游水位計裝置照片



圖 5 崩山湖上游水位計裝置

### 第三方驗證

目前本研究自行研發、製作之雨量計和水位計僅有室內初步驗證作業，其成果主要作為回饋改善功能使用，相關參數尚能滿足法定標準，待大部分功能在現地測試完成後，擬通過第三方驗證，完成儀器製作。接著，將循正常法定程序申請智慧財產保護，再提供產業製作使用。

### 三、研究成果與討論

本年度計畫目標如下：

雨量計、水位計運作自動化。

撰寫程式傳送警戒值訊號至 Android 系統手機。

除九芎湖試驗站外，增加尖石試驗站。

比較傾斗式和其他型式雨量計之適用性。

本研究設定土石流預警功能有：當累積雨量大於警戒值時，會發出警戒訊號。如實際降雨量大於附近雨量站紀錄時，會傳回訊號建議水土保持局調整警戒值，以及隨著降雨延時增加，即時計算分析剩餘之疏散避難時間等兩項。並且，在土石流預警系統面板上顯示相關資訊和燈號。

#### (一)水位與時雨量分析

目前收集到雨量、水位資料：

五峰 2017/8/28/16:00~2017/9/1/23:00，共 104 筆；

崩山湖上游 2017/8/28/16:00~2017/8/31/23:31，共 104 筆；

崩山湖下游 2017/7/12/10:44~2017/9/6/20:18，共 760 筆；

寒溪 2017/8/28/14:00~2017/9/4/2:37，共 157 筆；

碼崙 2 號壩 2017/8/21/12:00~2017/8/23/7:56，共 45 筆；

碼崙 3 號壩 2017/8/21/13:00~2017/9/3/4:00，共 305 筆。

如圖 7 所示，與一般超音波感測器一樣，除了部分雜訊回傳造成負值或超大值出現外，大致上，各試驗點水位會隨著降雨有無而升降，而且，沒有降雨期間，因為水面受微風吹拂或水流流動

關係，會造成超音波回傳雜訊出現。未來將努力消除雜訊，以提供更精準之數據。

由於觀測期間之降雨事件不多，目前尚未能充分掌握所有雜訊來源。雨峰和洪峰間有時間延遲是集水區集流時間關係，也是本研究未來擬探討之議題。

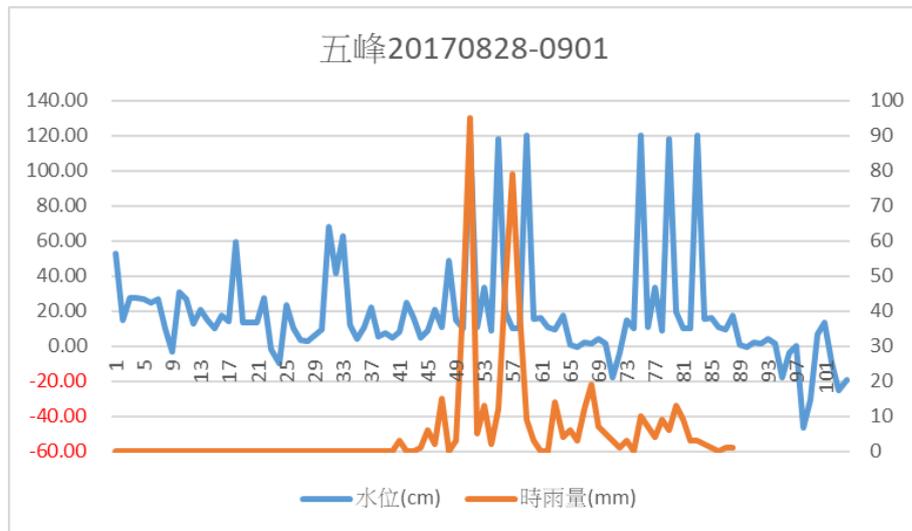


圖 7 五峰水位與時雨量關係圖(2017/8/28~9/1)

#### (二) 集水區逕流係數初探

雖然集水區逕流係數推求並非本研究之工作項目，但卻可以是本研究成果之後續應用案例之一，因此，本研究嘗試以目前已經蒐集到之資料初探各集水區之逕流係數。首先，將通過整流工程或防砂壩之溢流水深代入求得通過梯形溢洪口之排洪量，如果該降雨強度為某重現期距之最大降雨強度時，則將排洪量和該降雨強度代入合理化公式求得該集水區之逕流係數。

由於試驗期間都未發生超過 25 年(排水系統之設計洪水量)或 50 年(防砂壩之設計洪水量)重現期距降雨事件，因此，目前所蒐集之相關資料無法求得洪峰流量條件下之集水區逕流係數。雖然如此，本研究仍舊嘗試將試驗數據代入求得各集水區之逕流係數發現，在未發生某特定重現期距降雨事件時，以控制點水位求得流量再據以估算逕流係數，其變動情形非常混亂，有時候逕流係數隨水位增加而增加；有時候則降低。得到降雨強度為某重現期距之最大降雨強度時，將可藉由流經控制點之水位求得該集水區逕流係數之結論。

#### 四、結論

經過儀器研發，以及現場安裝後之檢討、改進和分析，本研究獲致以下幾點主要結論：

1. 本研究發展出精準度足夠，且價錢便宜之雨量計和水位計，可提供臨時或短期觀測使用。觀測資料可做為長期設站之參考。
2. 本研究之電力供應系統擺脫山區或偏遠地區市電供應之限制，有利於臨時或短期觀測站之布置。
3. 水位計資料擷取系統可分為人工和自動兩大系統。
4. 藉由五峰、崩山湖、寒溪和碼崙等 4 個試驗區，6 個試驗點之資料分析結果，水位與時雨量之關係十分吻合。由於試驗期間沒有發生 25 年以上重現期距之降雨事件，因此，無法求得 25 年或 50 年重現期距之試驗點集水區逕流係數。

今年係探討如何將太陽能與微水力發電系統並聯運作。擬在未來探討設計如何避免湍流沖走或石塊撞毀之微水力發電系統機構。同時建議未來能夠多選擇試驗點安裝雨量計和水位計，藉由現場

監測或觀察，持續回饋、改良感測儀器在現場之適用性。

# QPE 於颱風事件的估計差異與空間之關聯性分析

逢甲大學 黃碧慧研究副教授

## 一、前言

颱風天然災害，並無法改變其路徑或降雨等，進而避免其豪雨成災。因此，在土石流災害預警上，了解降雨量的時空分布，為防災的關鍵環節。目前，水土保持局土石流災害警戒發布的依據，以土石流警戒基準值架構為基礎，輔以實體雨量站的雨量資訊以及中央氣象局劇烈天氣監測系統(QPESUMS)等資訊發布土石流黃紅警戒，其中，以雷達回波配合雨量站校驗之定量降雨估計(Quantitative Precipitation Estimation, 以下簡稱 QPE)資料，為決策發布土石流警戒的主要依據之一。然而，QPE 資料之準確度會因雷達觀測受到地形遮蔽、雷達掃描策略與距離雨量站之遠近等因素而準確度受到影響，本計畫的目的在於以時間與空間兩個觀點切入分析，視覺化掌握 QPE 在時空上的估計差異，後續可以輔助於不同颱風事件、不同地區土石流的發布的決策，以便於防災單位於防汛時間能更有效整合氣象資訊，達到減災防災的目的。

## 二、研究方法

研究區域以 347 個用於發布土石流警報的參考雨量站，整合 QPE 資料、參考雨量站之地面雨量觀測資料與颱風資料庫颱風資料，選用 2012~2016 年共 28 場颱風事件，透過資料彙整、遺失值分析與異常值分析步驟，最後納入 204 個雨量站進入分析。研究方法以探索性分析為圓心，透過誤差分析、空間聚集分析以及關聯性分析三個方向軸，探討 QPE 與地面雨量值的誤差情形、以蘇迪勒颱風與梅姬颱風探討誤差的空間分布與聚集特性，同時，結合雨量站高程、颱風路徑與颱風強度、雨量站坡向分析 QPE 估計差異與上述變數的關聯性。

## 三、研究成果

本研究彙整地面觀測雨量、QPE 估計雨量與颱風資料庫，透過探索性分析、關聯性分析以及空間自相關分析 QPE 的估計能力與 QPE 估計差異特性，以這兩個面向進行彙整總結(如圖 1):

### (一) QPE 的估計能力

QPE 的估計能力於時雨量、有效累積雨量的相關係數都很高( $r>0.95$ )，QPE 估計雨量可以捕捉到地面觀測雨量之趨勢；然而以最大有效累積雨量的差異量來看，QPE 有 22%的數值估計差異大於 50mm，有 53 個雨量站包含 50%以上的資料點都落於低估資料區(QPE 低於地面觀測雨量的百分之 80)，為 QPE 低估高風險類別，套疊地形圖，發現 53 個雨量站大部分位於高山的邊緣或山谷中間。

### (二) QPE 估計差異特性

本研究發現颱風路徑與颱風強度組與高程和 QPE 估計差異特性有高度關聯性，同時透過 2015 的蘇迪勒颱風與 2016 年的梅姬颱風配對分析發現，QPE 估計差異有再現性的特性，由於有再現性的特性，可利用歷史的資料進行 QPE 的修正估計。

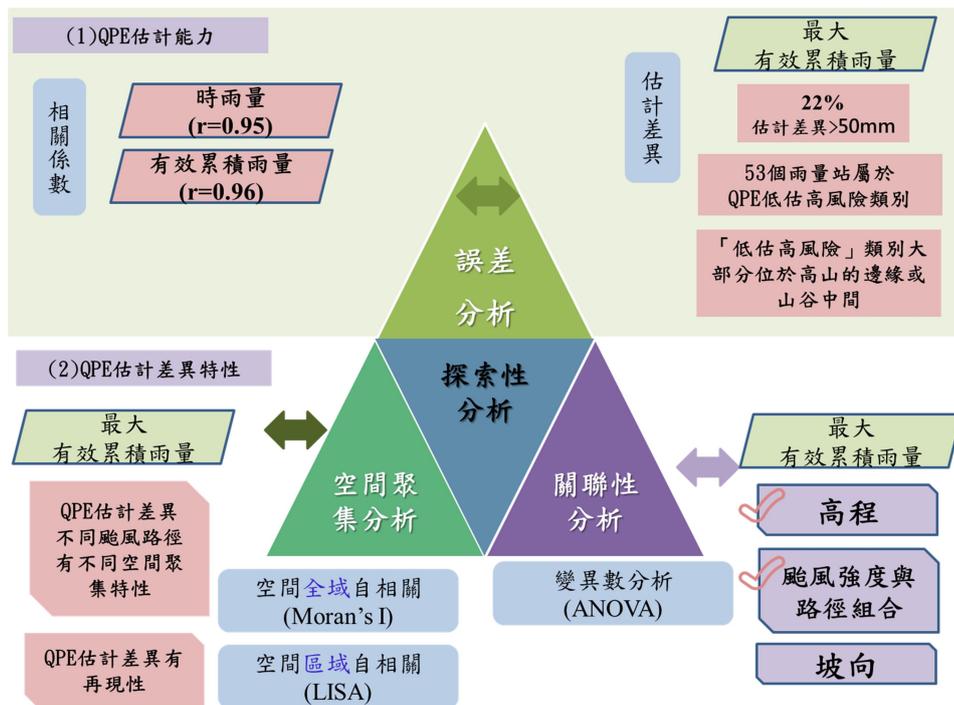


圖 1 研究成果

#### 四、結論與建議

氣象局提供之 QPE 的網格資料，會受到地面雨量站傳輸效率以及雨量站校正方式的影響，透過本分析發現 QPE 估計差異有低估現象與估計差異於颱風路徑及颱風強度和高程有相關性，因此，對於 QPE 於後續的防災應用，有以下建議，詳述如下：

(一) 以相同颱風強度與路徑的 QPE 資料取代使用全部 QPE 的資料做推論

QPE 估計雨差異與颱風路徑及颱風強度的組合有高度相關，後續 QPE 的相關應用，應該選取相同的颱風路徑與颱風強度下 QPE 資料進行後續應用。

(二) 避免選取高山的邊緣的網格資料點

透過深入分析低估族群資料，發現有 53 個雨量站屬於低估高風險類別，由於 53 個雨量站落於高山邊緣，因此 QPE 應用要避免選取高山邊緣的網格資料點。後續應該以具體分類(高山邊緣與非高山邊緣)進行特性差異分析。同時，應該再結合更多的外部資訊，如風向與風速，但由於不是所有的雨量站皆有風向與風速的數據，目前 Windy 只能看即時的風速，後續須建立資料庫即時的把所有資料都儲存下來，則後續可以分析風向對於 QPE 估計差異的影響。

(三) 研析時序型雨量預測

因颱風來襲，地面觀測雨量站之雨量資料無法有效傳回或量測；同時，QPE 估計雨量存有低估高風險，後續應透過時序型雨量預測演算法，如時間序列模型分析或遞歸神經網路 (recurrent neural networks, RNN) 等方法，推估有效估計雨量的方法。

(四) 以警戒分區微氣候的概念，探究 QPE 於警戒分析的準確度

由於地面觀測雨量並不能全面描述警戒分區的雨量狀況，然而，以 QPESUMS 網格為警戒發布單元之坡地災害預警模式應為未來之趨勢，目前受限於量測裝置，仍無法全面性的探究警戒分區雨量的真實面貌，由於物聯網與硬體裝置的進步，建議以警戒分區微氣候的概念，於各網格中佈署量測雨量的微型裝置，進行小區域的實驗設計，分析 QPE 於警戒分析的準確度，為後續 QPE 應用的基礎。

# 颱洪時期空間致災風險推論系統之建置研究

逢甲大學 陳昶憲教授

## 一、前言

臺灣位處置在平洋亞熱帶區，屬颱風活動頻仍範圍，如何有效預測颱風降雨以為災前整備的參考，為我國相當重視的防災課題之一。鑒於各類颱風路徑除因臺灣的地形分布，而對臺灣影響的方式有所差異外，降雨因子時變上的特性，更不易於降雨分布空間上的掌握，因此本計畫藉由颱風警報單建置颱風因子資料庫，利用各種數理統計方式所呈現的因子間距離尋找歷史發生之相似颱風，除可初步就目前所得的資訊，以過去的防災應變及災情紀錄作為輔助，研擬適當的災害應變決策，續可再藉由颱風降雨觀測資料上的累積，透過日趨發展成熟的人工智慧(Artificial Intelligence, AI)方法，嘗試透過各類高度非線性演算法，找出各式氣象因子於累積數據間對降雨分布的詮釋方法。本研究選用之 AI 方法，除近年蓬勃發展採深度學習的深度神經網路(Deep Neural Network, DNN)外，亦選用可以自然型式的輸入與輸出建構其相關方程式之遺傳規劃法(Genetic Programming, GP)，以既有資料推論未來 24 小時累積降雨量間高度非線性關係，藉提供未來 24 小時累積降雨量，進而與防災避難系統結合，以期提早對預測的颱風降雨預做災前整備。

## 二、研究方法

### (一)颱風資料庫建置

本計畫颱風資料庫包含颱風期間之氣象資料與雨量資料，其氣象資料考量 1989 年後才有颱風中心氣壓(hPa)之氣象參數，為此採用年份為 1990 年至 2016 年，並篩選計有海上颱風警報單與海上陸上警報單之颱風，共有 100 場歷史颱風，而警報單資料共計 3,884 筆，就歷史颱風警報資料庫之氣象因子進行颱風相似度比對；雨量資料採用中央氣象局位於臺中市境內之地面氣象站與自動氣象雨量站，其資料年限選定 1990 年至 2016 年逐時雨量觀測站資料作為分析，排除資料年限不足或已淘汰之雨量觀測站，分別計算逐時平地與山區平均降雨量，進而計算未來 24 小時累積降雨量，再依中央氣象局發布颱風警報單時刻，對應時刻平均雨量值與未來 24 小時累積降雨量因子。另，就臺中市行政區域分別計算平地與山區面積幾何重心，再各別計算每場颱風發布警報單之颱風中心位置(經度、緯度)距離，以描述颱風位置影響臺中行政區之雨量值關係，以完整建置颱風資料庫。

### (二)颱風相似度比對方法

相似度比對方法採統計距離之歐氏距離(Euclidean Distance)上資料的相似性，以兩階段方式先以時空參數篩選一定場次颱風數量，接著再以氣象參數比對颱風氣象因子進行排序，以尋找歷史發生之相似颱風，便於決策者掌握過去歷史颱風降雨影響臺灣致災區位。

### (三)颱風降雨量預測模式

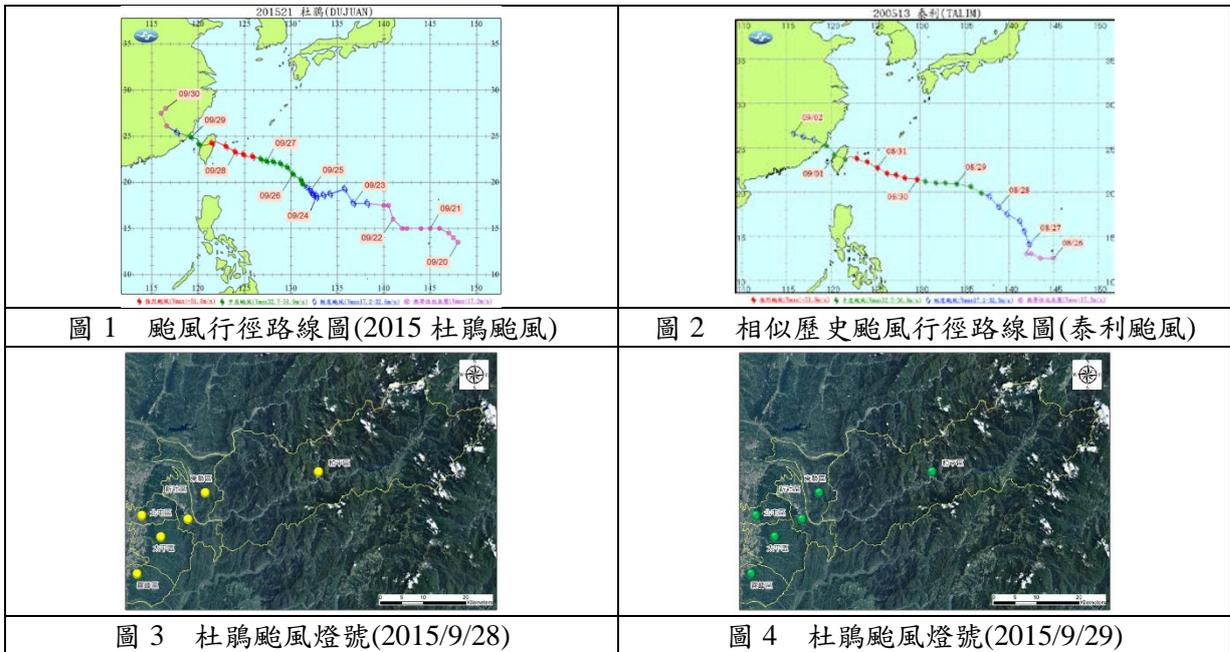
本計畫應用人工智慧方法為深度神經網路模式與遺傳規劃法模式，分別建置平地與山區颱風降雨量預測模式，考量驗證結果呈現時於時間上一致性，平地與山區降雨量預測模式採用 2014 至 2016 年 6 場颱風為模式驗證資料；而建模資料考量其完整性，平地颱風降雨量預測模式以 1992 年至 2013 年作為建模資料，共計 56 場颱風事件(2,321 筆輸入資料)，山區颱風降雨量預測模式以 1990 年至 2013 年作為建模資料，共計 77 場颱風事件(2,857 筆輸入資料)。

### (四)模式應用-防災避難預警系統

由於各權屬機關防救災人員需第一時間接受多種資訊來源，導致防救災人員資訊混雜，無統整一致性之資訊可遵循，以至於大幅度減低警戒之效能，本計畫依上述中央各部會警戒顏色燈號訂定標準，彙整氣象預警報、土石流警戒資訊，並依行政院制定之各類災害警戒顏色燈號訂定原則，將災害警戒依照危險等級分為綠、黃、橙、紅四個燈號，建置防災避難預警系統，供水土保持局防救災人員發布警戒參照使用。

### 三、研究成果與討論

以 2015 年杜鵑颱風為例，其基本資訊之行徑路線如圖 1 所示，本計畫以中央應變中心發布工作會報時間點 9:00、15:00、21:00 進行分析與討論，颱風相似度比對方法兩階段歐氏距離比對方法，尋找最相似颱風氣象因子，經比對最相似颱風皆為 2005 年泰利颱風，其颱風行徑路線與最大 24 小時累積降雨量分別如圖 2，提供決策者藉由過去泰利颱風造成致災位置加以防範；颱風降雨量預測模式採用山區降雨模式未來 24 小時累積降雨量成果對映之防災避難預警系統，其結果預警燈號如圖 3 及圖 4 所示，杜鵑颱風降雨對於臺中市山區降雨量未達土石流警戒值標準，故無啟動土石流預警機制，而氣象預警方面，於 2015 年 9 月 28 日未來 24 小時累積降雨值超過 80 毫米，因此建議燈號為黃色，二級開設；2015 年 9 月 29 日未來 24 小時累積降雨量低於 80 毫米，因此建議燈號為綠色，一般狀況、平時、整備作業。



### 四、結論

本計畫整理自 1990 至 2016 年 100 場颱風警報單與 11 個雨量測站資料建立颱風資料庫，當發佈海上陸上颱風警報颱風警報單後，其警報單與資料庫中颱風警報單之氣象因子相互比對分析，以兩階段歐氏距離方式篩選資料庫中最相似之歷史颱風，經驗證其篩選結果良好。以遺傳規劃法與深度神經網路預測降雨量模式比較，深度神經網路遠優於遺傳規劃模式，原因為遺傳規劃法得到之結果為一非線性之通式，為全域最佳化結果；而多層神經網路採用深度學習，利用隱藏層的多層化進行訓練，可視為具分類推論能力，較能夠詮釋自然訊號中可取得之特徵。而山區推論優異於平地原因為颱風大氣環流場限於地形影響，當到達平地時，以受於地形之破壞，故於山區相關性較高，而地球大氣環流場解析為一複雜科學，以既可取得的颱風特徵因子及資料樣本，深度學習架構確可提供一定詮釋能力的推論模型，而利用降雨預測模式推估未來 24 小時累積降雨量，對映之防災避難預警系統，依據警戒標準給予決策者建議燈號，實施減災應變等作為。

# 耗材式無線測距儀之研發與應用

逢甲大學 林秉賢 研究助理教授

## 一、前言

鑑於莫拉克風災超大豪雨事件所引發的複合型土砂災害，除了針對特定土砂災害類型(如大規模崩塌、土石流、堰塞湖、...等)進行區域性地形地質調查、地球物理探測、危害度與脆弱度之風險評估及相應的調適對策外，發展大規模崩塌地、土石流潛勢溪流、表層土壤沖蝕、溪流水情等環境細微變遷之監測技術，亦已成為防減災之重點工作。但是，山坡地部分環境條件並非良好，例如電力、傳輸、潮濕、蟲害、...等問題皆嚴重影響監測儀器的正常運作，尤其是將價格昂貴的儀器設備置於荒郊野外，不僅防盜不易，且因環境不穩定，容易遭到外力影響而破壞。於是，發展省電、價廉且多種應用功能之監測儀器，就成為山坡地水、砂環境監測的重點工作之一。為此，本計畫擬運用省電且價廉的超音波(ultrasonic)量測元件，通過電路設計、溫度補償、時間記錄模組與傳輸模組之系統程式化整合，研發兼具空間距離測定和資訊傳輸功能的現地監測儀器，不僅具有價廉、省電的基本性能，因設備體積小，且可以長時間應用於坡面表層土壤侵蝕深度、水位、地表裂縫及位移、土石流鋼索感測等多種情境的量測功能，將有助於坡地環境監測技術與儀器開發和應用水平的提升。

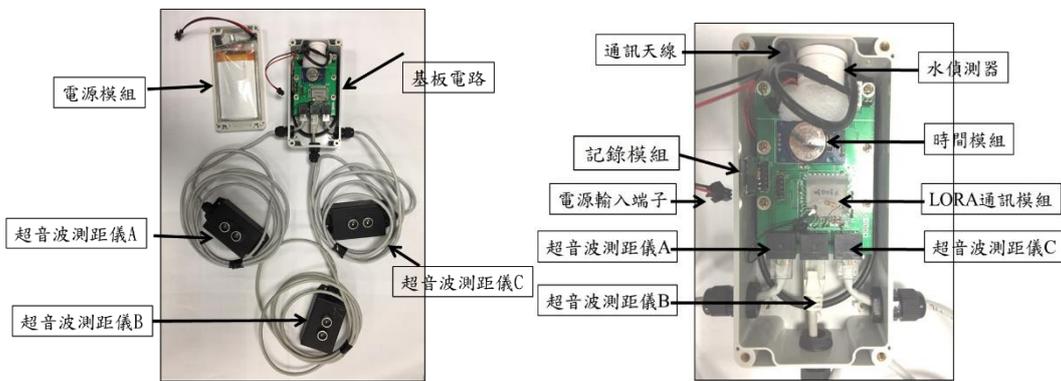
## 二、研究方法

本計畫係屬儀器研發，除了必要的文獻回顧外，對於超音波的性能和特性，以及超音波測距儀線路設計，都是儀器研發過程的必要工作；此外，當儀器研發之後，必須就其精確度和解析度進行一系列的測試，包括室內測試及現地測試，其中室內測試著重於量測的精確度及解析度測試，而現地測試不僅儀器量測精確度及解析度的測試，且對於外在環境的干擾、耗電狀況及無線傳輸性能等均為測試的重點。因此，本計畫工作執行方法必須掌握儀器設計、室內測試、現地測試、儀器調整及應用等。

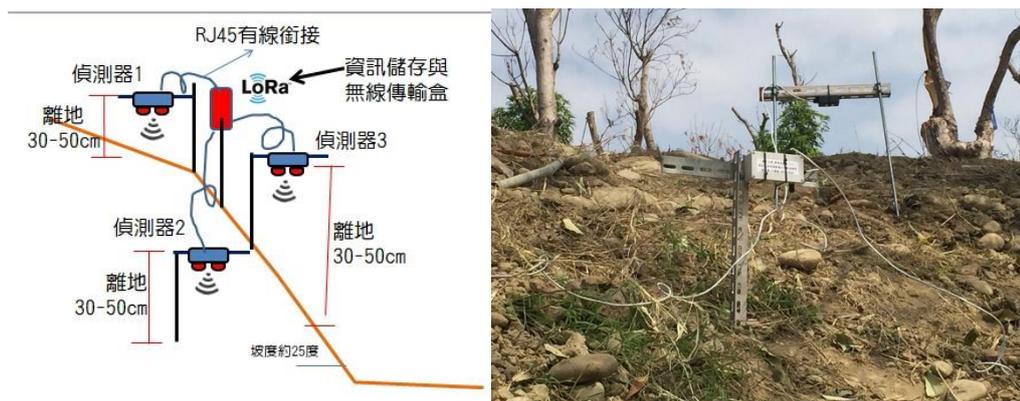
## 三、研究成果與討論

本研究透過整合研發，將超音波測距儀與電池模組及 LORA 無線傳輸設備整合，透過室內試驗的校正，初步建議(一)水泥地面：測定精確度極高，誤差均小於 0.28%，顯示本計畫研發測距儀量測度精確度高，且解析度已達 1.0mm，已具備實務應用之基本水準。(二)自由水面：自由

水面量測誤差與水泥地面相當，除了波動狀自由水面具有較高的誤差外，靜止條件的自由水面量測誤差均在 0.26% 以下，惟波動狀自由水面量測誤差高達 3.02%。(三)泥砂表面：從測試結果顯示，泥砂表面不論是細顆粒泥砂或粗顆粒泥砂或是起伏狀的細顆粒泥砂表面，其測定誤差皆小於 0.38%，甚至更低，顯示超音波測距儀頗適用於各種泥砂表面。(四)總結測試結果顯示，超音波測距儀可以適用各種受測面條件，其解析度及精確度亦能達到預期之效果，但是因超音波測距儀容易受到環境溫度之干擾而改變基準值，故必須定時調校其基準值，才能獲得較佳的量測結果。將設備帶去現場觀測三處邊坡合計四個月時間，傳輸跟偵測資料並無缺漏資料，也成功地完成觀測任務，但是電力的使用，可能是日後要克服的問題，目前採用 1 小時一筆的資料，可調整其精度與偵測頻率，以提高其節電效能。



測距儀外觀與基板電路(控制箱)內部構造圖



#### 四、結論

本計畫通過文獻回顧選用超音波作為測距儀之感測器，經過電路設計、溫度補償、時間模組、記錄模組與傳輸模組之系統程式化整合，已研製兼具空間距離測定和資訊傳輸功能的超音波測距儀。同時，完成測距儀的室內測試工作，並獲得以下幾項重要成果，包括：

1.已研製完成之超音波測距儀原型。

2.經室內測試結果，超音波測距儀在精確度及解析度上均能符合應用面之需求。其中，精確度皆在 1.0% 以下，而解析度可以達到 1.0mm。

3.初步測試本計畫研製之超音波測距儀可以應用於坡面土壤沖蝕深度及水位量測。

4.已研製完成之超音波測距儀成本控制在 10,000 元以下，符合耗材式量測設備的基本要求。

受限於超音波特性，其對環境溫度具有較高的敏感度，容易受到溫度的改變而使基準點漂移，從而產生一定的誤差，必須隨時注意其調校工作，此為超音波測距儀之最大問題。此外，由於本計畫屬初步開發階段，加上經費限制，測距儀在防水(IP 級)上未能符合現地應用之標準，故建議後續研發除了應改善設備元件的內部配置方式外，亦應加強處理防水及防干擾措施，以提高其耐用性及減少故障

# 應用非破壞檢測技術評估以野溪淤積土製作之混凝土強度

建國科技大學 林喻峰副教授

## 一、前言

臺灣地區的野溪淤積土由於數量龐大且很少加以利用，造成處理上之難題。近年來已有多位學者研究以野溪淤積土來製作混凝土，不僅能有效處理這些龐大之淤積土，亦能符合現代綠建築之廢棄物再利用之精神。但這些利用淤積土製作之混凝土不僅工作性質不同於傳統砂石製作之混凝土，完工後之強度品質控制也有異於傳統混凝土。

現有對於混凝土強度的非破壞檢測技術，是以傳統級配之砂石所建立之基準，但這些利用淤積土製作之混凝土不僅工作性質不同於傳統之混凝土，完工後之強度品質控制也有異於傳統混凝土。因此如何有效地檢測這些混凝土之強度，實是值得加以深入探討之議題。本計畫預計擬探討現有非破壞檢測技術中，較具應用價值的反彈錘法、應力波速度測法與微鑽孔試驗法等三種檢測試驗，分別加以建立評估淤積土製作之混凝土強度的試驗流程，而預計完成之成果為：

- (1). 評估國內外現有關於混凝土強度之非破壞檢測技術，探討各種試驗方法之優缺點及適用性。
- (2). 比較分析傳統砂石與野溪淤積土所製作之混凝土強度的差異性，並提出野溪淤積土應用於工程上之建議。
- (3). 建立評估野溪淤積土製作之混凝土強度的非破壞檢測試驗流程。

## 二、研究方法

### (一)、探討非破壞檢測技術評估強度之適用性

- (1). **反彈錘法**：應用反彈錘檢測混凝土表面層附近的硬度，以此推測混凝土的強度。但是影響混凝土表面強度的因素很多種，所得結果只能當作參考用。所以美國 ASTM 標準建議此法僅可用於判斷現場結構混凝土的一致程度，描繪出結構的品質低劣區域，指出混凝土特性因時間產生的變異，檢測結果僅可作為相對強度的均勻性參考。
- (2). **應力波速度測法**：脈波速度和混凝土的彈性模數開平方成正比，和混凝土密度開平方成反比，若根據 ACI 318 建議，混凝土彈性模數和抗壓強度的開平方成正比，則脈波速度和抗壓強度的四次方根成正比，這表示當混凝土抗壓強度隨材齡增加而增加，則脈波速度亦會相對地有微幅的增加，但在較後期材齡時，混凝土中的脈波速度並不會隨強度有敏感的改變。
- (3). **微鑽孔試驗法**：在固定時間與鑽孔能量下，由鑽入深度來推測混凝土強度的試驗法，是一種侵入性低且能夠深入混凝土內部進行強度評估之檢測方法。此方法也是實驗室檢測的重要方法，因為它造成材料的破壞僅在局部，不會影響結構原有性能，就能得到有意義的數據。

### (二)、以野溪淤積土產製混凝土之方法

本研究以水土保持局制定之「現地土石拌合工法施工規範」為依據，做為野溪淤積土產製混凝土之方法，現地土石拌合工法為了讓現地淤積土石能即採、即拌、即用，對於淤積土石規格、品質幾乎不予以限制，只需將粒徑過大之卵石或塊石挑出，將符合配比數量之水泥投入拌合桶攪拌，再逐步添加適量水，至所有材料達到攪拌均勻程度。現地土石拌合工法性質屬於地盤改良，採取將水泥與土壤顆粒包裹攪拌混合，故採取固定配比。為了簡化施工程序建議水泥與淤積土石之重量比例至少為 1:12，如現地材料較為破碎、軟弱，含泥量較高，則可提高至 1:9 或 1:6。

### 三、研究成果與討論

三種非破壞檢測之試驗如圖 1~圖 3 所示，依其試驗環境條件之不同，將其研究成果分述如下：

#### (一)、實驗室之試驗成果分析

- (1). **反彈錘法**：在一般混合比之試體部分，其檢測誤差值約為 20%，而在較高淤積土混合比之部分，其檢測誤差值範圍高達 150%以上，可見以反彈錘試驗無法適用於評估以野溪淤積土產製混凝土之抗壓強度。
- (2). **應力波速量測法**：不管配比設計與齡期為何，超音波波速均在 4000 m/sec 以上，與傳統混凝土之波速差異不大，因此無法建立與強度之合理關係。
- (3). **微鑽孔試驗法**：由此試驗結果得出，微鑽孔試驗結果相當穩定，變異係數均在 10%以下，可見其試驗變異性質不大，有一定之可靠度。

#### (二)、現地之試驗成果分析

- (1). **反彈錘法**：現地混凝土之構造物，其檢測誤差值達到 37.10%，與實驗室之試驗結果相近，所以若以反彈錘試驗法來評估以野溪淤積土產製混凝土之抗壓強度，成效並不理想。
- (2). **應力波速量測法**：現地構造物之波速量測結果顯示，波速都在 2000 m/sec 以下，不僅與傳統混凝土之波速不符，也與實驗室之試驗結果差異過大。原因可能為現地構造物之表面崎嶇不平，導致超音波探頭無法完全與混凝土表面貼合，因此無法量測到合理之超音波波速。
- (3). **微鑽孔試驗法**：現地構造物之微鑽孔試驗，其變異係數均在 7%以下，與實驗室之試驗結果相近，檢測成果均相當穩定，還是具有一定之可靠度。



圖 1 反彈錘試驗



圖 2 應力波速量測試驗



圖 3 微鑽孔試驗

### 四、結論

- (1). 反彈錘法由於簡便易用，是目前最為普遍使用之非破壞檢測方法，但其與混凝土強度的關聯性不高，且亦受現地潮濕環境之干擾，容易造成誤判，較不具實用價值。
- (2). 超音波波速量測法在理論上與混凝土強度有一定之關聯性，但同樣亦受潮濕環境之干擾，且在現地通常只能選擇表面傳遞法進行施測，大大地降低了其實務應用之價值。
- (3). 微鑽孔試驗法與現地鑽孔取樣進行抗壓試驗之操作方式接近，且能檢測到混凝土內部之品質，理論上與混凝土強度最具關聯性，經由目前現地試驗之結果分析，其檢測成果亦相當穩定，具有不錯之可靠度，值得進一步深入研究。

# 衛星雷達影像產製數值地形應用於土砂生產分析之可行性評估

長榮大學土地管理與開發學系 曾志民副教授

## 一、前言

目前有關集水區之崩塌土方生產量估算，多僅於少數交通可及之重點地區進行多期地形測量以估算土砂生產量，其餘廣域地區仍以坡度與崩塌厚度經驗關係式，或崩塌面積與崩塌厚度之經驗關係式等方式概估整個崩塌地之平均崩塌厚度，再乘上影像判釋獲得之崩塌面積，最後得到崩塌生產土方體積。上述方法估算之土砂生產量體往往有數倍甚至十數倍之偏差，因此目前既有集水區土砂運移評估分析工作，在上游端之土砂生產量體分析即具有高度偏差，也連帶影響後續擬定相關治理對策之妥適性。近年航遙測技術發展快速，多元尺度數值地形例如 LiDAR、航空照片與無人載具 UAV 產製數值地形日益成熟，結合這些多期多元尺度數值地形比對分析即可有效定量分析集水區尺度之崩塌地土砂生產量、殘留量，與河道土砂沖淤及運移量體資訊。除了航空照片及無人載具航拍作為產製數值地形來源外，應可思考不同飛航載具來源產製數值地形，進而應用於土砂變異分析之可行性，例如衛星雷達影像。本計畫利用上升與下降軌道之衛星雷達影像，分別產製數值高程模型，進而結合升軌與降軌參數融合產製單期數值高程模型。產製地形成果以 LiDAR 光達地形加以檢核，分析探討地形坡度、坡向及植被對升降軌融合地形精度之影響，作為衛星雷達影像產製地形應用於土砂變異分析可行性之參考。

## 二、研究方法

本計畫採用 TerraSAR-X 及 TanDEM-X 衛星雷達影像，融合不同視角的 TerraSAR-X/TanDEM-X 干涉對(即升軌和降軌 InSAR 干涉對)，透過不同飛行方式所具有的不同幾何關係和參數，如入射角、垂直基線和高程模糊度等，來對因單一軌道產生的陰影、疊影等區域的地形資訊進行恢復。由於 InSAR 測高精度與干涉對的垂直基線有密切的關係，空間基線越長，測高精度越高；反之，空間基線短的時候其測高精度較低，圖 1 所示為 TerraSAR-X/TanDEM-X 雷達系統的成像原理圖。基於此，本方法將垂直基線、陰影、疊影等因素作為加權因子來進行升降軌數據融合，得到高精度的數值高程模型。針對以升軌與降軌雷達影像融合後產製之數值高程模型，本計畫係以研究區域之 LiDAR 產製 DEM 與 DSM 來檢核衛星雷達影像產製數值高程模型之精度，探討 SAR 影像相干性較差因而導致高程資訊漏失區域之地形坡度、坡向及植被特徵，其中地形坡度及坡向特性可利用 LiDAR DEM 加以分析，植被特徵則可利用 LiDAR DEM 與 DSM 推估樹冠高度模型(canopy height model, CHM)，以了解植被分布密度。

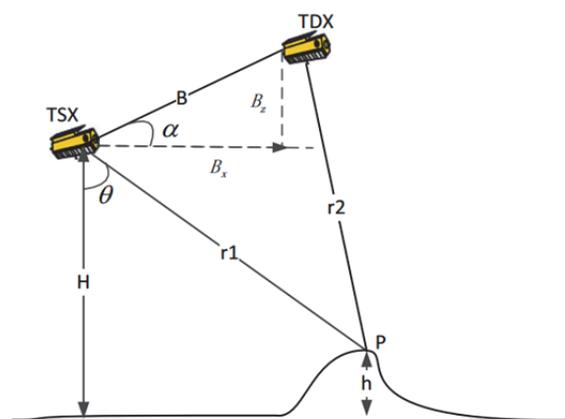


圖 1 TerraSAR-X/TanDEM-X 衛星系統成像原理

### 三、研究成果與討論

為進一步了解雷達影像產製數值地形在分析崩塌地土砂生產之可行性，本計畫在曾文水庫集水區選取不同面積、高程、坡度及坡向之 25 處崩塌地，以本計畫產製之雷達影像數值地形與 2011 年本區 LiDAR 數值地形比對獲得崩塌土砂生產量，並利用 2011 年與 2014 年 3 月兩期 LiDAR 數值地形比對之崩塌土砂量體加以檢核，了解誤差程度。表 1 為 25 處崩塌地之面積、平均高程、平均坡度、代表坡向及崩塌生產量誤差分析成果，25 處崩塌地之面積約介於 0.04~27.4 公頃；平均高程約介於 386~1,904 公尺；平均坡度介於 24.1~52.84 度，表中崩塌產量 A 為兩期 LiDAR 資料分析獲得之崩塌土砂生產量；崩塌產量 B 為雷達影像數值地形與 LiDAR 資料分析獲得之崩塌土砂生產量。表中顯示整體誤差百分率約有 6 成崩塌地(16 處)誤差百分率小於 50%，應屬可接受之誤差水準。然而部分崩塌地之誤差百分率偏大，其中有兩處崩塌地誤差百分率大於 100%。從誤差百分率與面積、高程、坡度及坡向之關係大致顯示，誤差百分率較為偏大之崩塌地多數位於朝東之坡向(東、東北、東南)或坡度較大之坡面，此點顯示坡度與坡向兩項地文因素在雷達影像產製地形之融合過程有較為顯著的影響。

### 四、結論與建議

本計畫利用上升與下降軌道之衛星雷達影像，分別產製數值高程模型，進而結合升軌與降軌參數融合產製單期數值高程模型。依據融合地形產製成果顯示，單一軌道造成之幾何畸變已有明顯改善，多數範圍已能呈現較細緻之地形地貌特徵。本計畫利用較高解析度 DEM 在地形產製過程去除干涉相位之地形相位訊息，產製空間解析度約 2 公尺之數值地形，相較於利用 SRTM 30 公尺外部 DEM 獲得之 4 公尺解析度數值地形，空間解析度已有顯著提升。依據研究區域 25 處崩塌地土砂生產量誤差分析成果顯示，約有 6 成崩塌地誤差百分率小於 50%，部分誤差百分率較大之崩塌地主要位於朝東之坡向(東、東北、東南)或坡度較大之坡面。因此後續在地形融合產製過程除升降軌道參數外，亦可考量加入坡度與坡向特徵因子，以精進地形產製成果，進而應用於集水區土砂變異量之評估。

表 1 25 處崩塌地基本資料及崩塌生產量誤差分析成果

| 編號 | 溪流名稱  | 面積 (m <sup>2</sup> ) | 平均高程 (m) | 平均坡度 (度) | 代表坡向 | 崩塌產量 A (萬方) | 崩塌產量 B (萬方) | 誤差百分率 (%) |
|----|-------|----------------------|----------|----------|------|-------------|-------------|-----------|
| 1  | 後大浦溪  | 433                  | 1558     | 42.82    | 東南   | 0.1231      | 0.0649      | -47.25    |
| 2  | 後大浦溪  | 359                  | 1498     | 52.75    | 東    | 0.2017      | 0.1025      | -49.18    |
| 3  | 後大浦溪  | 736                  | 1278     | 31.98    | 西北   | 0.1444      | 0.1903      | 31.80     |
| 4  | 後大浦溪  | 4810                 | 1072     | 28.41    | 東南   | 3.6924      | 5.7963      | 56.98     |
| 5  | 後大浦溪  | 1124                 | 1124     | 38.85    | 東南   | 0.4603      | 0.9811      | 113.14    |
| 6  | 後大浦溪  | 961                  | 1384     | 36.53    | 東南   | 0.3010      | 0.1561      | -48.14    |
| 7  | 曾文溪   | 1350                 | 1144     | 52.84    | 南    | 0.2387      | 0.1902      | -20.32    |
| 8  | 曾文溪   | 5208                 | 1100     | 37.75    | 南    | 1.7260      | 0.9152      | -46.98    |
| 9  | 曾文溪   | 6002                 | 1181     | 40.67    | 南    | 0.9680      | 0.5844      | -39.63    |
| 10 | 曾文溪   | 1989                 | 1000     | 38.78    | 東    | 0.3628      | 0.2565      | -29.29    |
| 11 | 曾文溪   | 6569                 | 1402     | 44.38    | 南    | 2.8158      | 3.5873      | 27.40     |
| 12 | 曾文溪   | 273739               | 1508     | 33.93    | 東    | 195.5828    | 225.1952    | 15.14     |
| 13 | 曾文溪   | 7527                 | 1906     | 33.59    | 西北   | 3.9807      | 6.3444      | 59.38     |
| 14 | 曾文溪   | 21051                | 1031     | 30.50    | 東南   | 11.9723     | 28.0764     | 134.51    |
| 15 | 曾文溪   | 7562                 | 675      | 41.89    | 西    | 12.5744     | 14.0494     | 11.73     |
| 16 | 曾文溪   | 14143                | 1086     | 44.76    | 西    | 17.0163     | 25.0314     | 47.10     |
| 17 | 曾文溪   | 2975                 | 1184     | 38.86    | 南    | 1.1339      | 0.5960      | -47.44    |
| 18 | 達娜伊谷溪 | 4808                 | 678      | 44.48    | 西南   | 4.4332      | 1.9600      | -55.79    |
| 19 | 達娜伊谷溪 | 13782                | 1286     | 38.84    | 西    | 15.7462     | 15.9909     | 1.55      |
| 20 | 曾文溪   | 17396                | 729      | 30.96    | 東南   | 14.3562     | 14.2915     | -0.45     |
| 21 | 普亞女溪  | 69672                | 1248     | 36.35    | 西    | 35.9179     | 62.4805     | 73.95     |
| 22 | 曾文溪   | 23800                | 386      | 37.82    | 東南   | 7.7741      | 2.8482      | -63.36    |
| 23 | 托亞奇伊溪 | 1115                 | 497      | 32.16    | 南    | 0.9166      | 0.3684      | -59.80    |
| 24 | 托亞奇伊溪 | 5165                 | 760      | 24.10    | 西北   | 2.6943      | 4.7947      | 77.96     |
| 25 | 托亞奇伊溪 | 4380                 | 772      | 40.39    | 東南   | 2.7137      | 2.7022      | -0.43     |

# 以嶄新 3D 地形表現技術 (H. O. S. T. 地圖) 輔助地形判釋

國立中興大學 蕭宇仲教授

## 一、前言

國內近年來利用無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 與空載光達 (Light Detection And Ranging, Lidar) 等技術建置了許多高精度與高解析度的數值表面模型 (Digital Surface Model, DSM) 以及數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM), 若能將此高精度模型投置於國內水土保持、土砂災害防治、國土規劃、防災管理、環境監控與資源探勘等會有極大之助益。然而以往呈現 DSM 以及 DEM 的方式大部分都是以傳統方法來表現, 雖能展現高程、地形概況等資訊, 但對於微地形特徵的表現不甚理想, 往往會導致重要的地形資訊有所遺漏, 浪費高精度與高解析度數值地形模型。

欲克服上述之問題, 過去常採用紅色地圖來表達地形起伏。而發展此地圖的重要核心技術為地形開闊度, 地形開闊度之計算方式由 Yokoyama et al. (2002) 率先提出, Chiba et al. (2008) 結合地形開闊度與地形坡度並配合紅黑色階繪製出赤色地圖, 此技術已廣泛應用於地形學、地理學與地質學等領域, 並對地形判釋有不錯的結果。但目前相關程式較無法清楚展現地形高程變化、因此本研究發展一結合地形高度 (Height)、地形開闊度 (Openness)、地形坡度 (Slope) 之地形圖 (Terrain map), 簡稱 H. O. S. T. 地圖來克服此一限制。

## 二、研究方法

本計畫使用 GMT 軟體以及 Fortran 語法產製出 H.O.S.T. 地圖繪製程式, 與過去研究相比 (蕭宇仲與郭耀駿 2016; 郭耀駿, 2016), 在程式設計上有做大幅度的改善, 如新增不同地形坡度之計算方式、新增地形對比值加強地形起伏以及加入高程資訊產製立體調色盤等, 與前人之研究不盡相同。

### (一) 地形坡度

地形坡度可以表示該地形的傾斜程度, 在坡度計算方面, 本團隊所計算之地形坡度值範圍介於  $0^{\circ}$  至  $90^{\circ}$  之正值, 代表無論是仰角亦或是俯角皆無負數坡度值。而本團隊使用四種計算地形坡度方式, 並分析其差異性, 這四種坡度計算方式分別為 grdgradient、四鄰域法、加權八鄰域法以及等權八鄰域法 (劉光恩, 2009)。

### (二) 地形開闊值

本團隊所定義之地形開闊度算法與 Chiba et al. (2008) 不同, 方法為計算待算網格點與範圍內周邊網格點之水平距離和高程差所形成的縱角並求其平均值, 該平均值即為該待算網格點之開闊度值, 且與地形坡度定義不同, 開闊度有正負之分, 其值範圍介於  $-90^{\circ}$  到  $90^{\circ}$  之間。以下為地形開闊度之公式:

$$\text{地形開闊度值} = \frac{\sum_{i=1}^N \tan^{-1} \frac{S \times \Delta H}{\Delta D}}{N}$$

其中 S 為地形對比值, 作用為增加地形的起伏,  $\Delta H$  為與待算網格點之高程差,  $\Delta D$  為與待算網格點之水平距離以及 N 為單窗半徑內網格數。

### (三) H.O.S.T. 平面調色盤

本團隊所使用之 H.O.S.T 平面調色盤, 如圖 1 所示是由地形坡度及地形開闊度組成, 顏色配置參照 Chiba et al. (2008) 之研究, 但因採用之公式不同, 調色盤 x, y 軸範圍配置也與其

不同，其橫軸為地形開闊度（單位:度），範圍為 $-90^{\circ}$ 到 $90^{\circ}$ ，顏色配置為白色漸層至黑色，調色盤的縱軸為地形坡度（單位:度），其範圍為 $0^{\circ}$ 到 $90^{\circ}$ ，顏色配置從白色漸層至紅色。

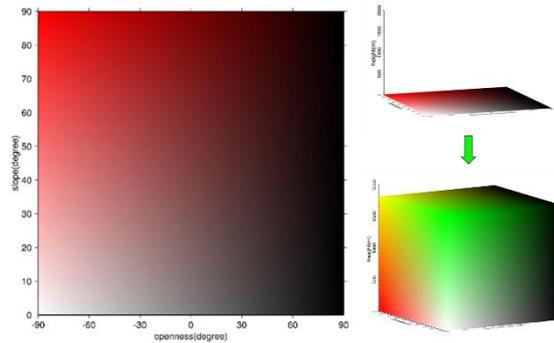


圖 1、H.O.S.T.地圖之平面調色盤與H.O.S.T.立體調色盤

#### (四)H.O.S.T.立體調色盤

因為缺乏高程資訊，本計畫期望能解決此問題，因此製作了立體調色盤，並用其產製出具有高程資訊的 H.O.S.T.地圖，如圖 1 所示，讓原有之平面調色盤增加 z 軸設為高程值變為立體調色盤，而其範圍依該地地形實際高程去做適當之設定，顏色配置從原底圖顏色逐漸增加綠色值。

### 三、研究成果與討論

本樣區採用 1m DSM 航拍資料並將其 DSM 資料繪製成 H.O.S.T.地圖，發現雖然有植被覆蓋，但仍然能描繪出該地之地勢起伏，證實 H.O.S.T.圖對於稜線的勾勒非常清晰，因此蝕溝之形狀也能輕易描繪出。圖 2 中可以看出綠色元素越多的地方就代表其高度越高，雖然此方法與套疊分層設色圖有類似功用，但因分層設色圖之顏色種類較多，容易導致地圖顏色雜亂，因此本團隊研製立體調色盤期望能改善套疊分層設色圖之缺點。未避免破壞原圖優勢，本團隊亦建置網頁 (<http://agl.nchu.edu.tw>)，只要將游標移至圖上某點位，該點位之高程值就會出現。

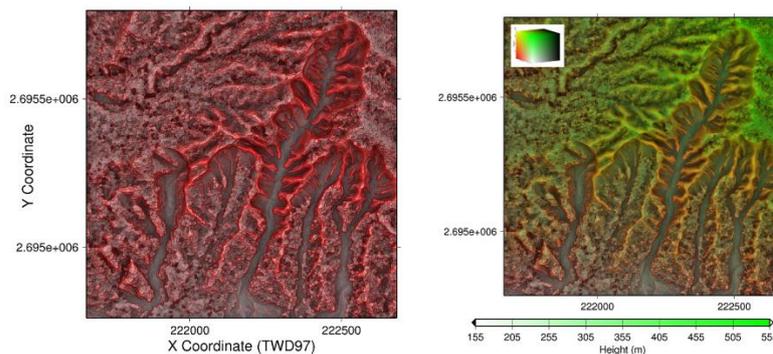


圖 2、左為苗栗火炎山之 H.O.S.T.地圖，右為以立體調色盤繪製 H.O.S.T.地圖

### 四、結論

整體而言，利用 H.O.S.T.地圖較能判釋出地表微地形，且高程變化亦能由圖中觀察出，這對於分析例如:山崩、地滑、土石流等土砂災害有關之研究課題等問題都能方便使用者從 H.O.S.T.地圖中獲取資訊。本團隊希望未來能針對不同地形均能製作精確之 H.O.S.T.地圖，以期對地形判釋及山坡地土砂災害潛勢之預估做出貢獻，並提供政府有關單位管理山坡地資源之參考。

# 現地以電漿技術搭配生物炭優化資材改善邊坡植生工法效益期末成果報告書

國立屏東科技大學 簡士濠副教授

## 一、前言

在邊坡噴植工法中，黏著劑的使用雖可固定堆肥及種子等資材，亦可在植生覆蓋前發揮防止沖蝕的效果；但黏著劑的種類及使用濃度差異會直接影響噴植成效。多位學者研究將纖維資材與黏著劑以不同比例混合並進行噴植試驗後顯示，添加黏著劑可降低雨水的沖蝕，但隨黏著劑濃度的增加，發芽率則明顯降低；此外，黏著劑在施用後，於環境中降解產生具毒性之二次代謝產物，將對生物體具有危害。電漿技術已應用於很多產業上，光電半導體產業、汽機車零組件產業、食品產業、生醫材料產業、表面處理產業、空氣與水污染處理產業等。目前大氣電漿技術已發展有十幾年了，設備成本低、操作容易、可適用於連續式的製程操作，因此已是產學界積極研究的題目之一。本研究將導入大氣電漿技術應用於草種之處理，期以促進草種之發芽率與生長速率，協助邊坡植草覆蓋以達邊坡穩定、保護坡面。本研究主要在台南市龍崎區 182 縣道一邊坡(坡度~40 度)，現地實際進行植生工程試驗，最後則評析經電漿處理過之草種並搭配生物炭優化基材應用於噴植工法上效益，同時以進行成本效益分析以作為未來工法之可行性評估。

## 二、研究方法

本試驗已於台南市龍崎區 182 縣道一處邊坡(坡度約 40 度)植生工程進行初步試驗，觀察天數為 4 個月，第一個月監測 7、14、21 天，其後以一個月觀察一次，主要以水泥格框作為試驗小區，格框大小為 1.5 m×1.5 m，試驗設計及處理如下：(1)對照組；(2) 2% 生物炭+ PAM 50 ppm；均添加 1000 顆之百慕達種子和百喜草種子，另設經大氣電漿處理(30 瓦-5 分鐘)後之種子處理：共有以下八組：(1)CK+百慕達 (CK\_BD)；(2)CK+百喜草 (C=K\_BH)；(3)CK+電漿後百喜草 (CK\_BH+P)；(4)CK+電漿後百慕達草 (CK\_BD+P)；(5) 2% 生物炭+ PAM 50ppm+百慕達草 (P50\_B2\_BD)；(6) 2% 生物炭+ PAM 50ppm+電漿後百慕達草 (P50\_B2\_BD+P)；(7) 2% 生物炭+ PAM 50ppm+百喜草 (P50\_B2\_BH)；(8) 2% 生物炭+ PAM 50 ppm+電漿後百喜草 (P50\_B2\_BH+P)。均有二重複，於現地以逢機完全區集(random complete block design, RCBD)設計來排列分配如下表：

表 2.1 各處理之逢機區集設計(complete random block design, CRBD)

|              |              |              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| P50B2_BH+P-1 | P50B2_BH+P-2 | CK_BH-2      | P50B2_BD-2   | P50B2_BH-3   |
| P50B2_BD-3   | CK_BH-1      | P50B2_BH+P-3 | CK_BH+P-2    | CK_BD+P-1    |
| P50B2_BD+P-1 | P50B2_BH-2   | CK_BD+P-2    | P50B2_BD+P-3 | P50B2_BD+P-2 |
| P50B2_BH-1   | CK_BD-1      | P50B2_BD-1   | CK_BD-2      | CK_BH+P-1    |

此外，種子發芽試驗公式為：(一)發芽率 (germination percentage, GP)定義為試驗結束時之發芽種子數占供試種子總數之百分比。發芽率(%)=N1/S×100，(S=供試種子總數，N1=發芽種子總數)。(二)發芽勢 (germination energy, GE)定義為試驗開始至發芽高峰時段內發芽種子數占供試種子總數之百分比。發芽勢(%)=N2/S×100，(S=供試種子總數，N2=發芽種子總數)。植生覆蓋率試驗將於第 7、14、21 天分別拍攝一次，之後則每月拍攝照片一次，用於監測發芽狀況及以 Image J 分析並計算其覆蓋率。

## 三、研究成果與討論

### (一) 現地種子發芽率與發芽勢

現地種子發芽率試驗至民國一〇六年十月三十日目前已收集第二個月之發芽數目，經過計算後，其發芽率如表 3.1 所示。結果發現“經過”大氣電漿處理後種子發芽數目均較“未經”大氣電漿處理高，其中又以添加 2% 生物炭 + 50 ppm 之 PAM 的百慕達草種子之發芽率為最高，達約 50%。第 60 天之發芽率與發芽勢比較，如圖 4-1 所示，以添加 2% 生物炭與 50 ppm 之 PAM 混合經電漿處理後之百慕

達與百喜草兩組最為顯著；發芽勢以以添加 2% 生物炭與 50 ppm 之 PAM 混合百慕達草種子最佳。

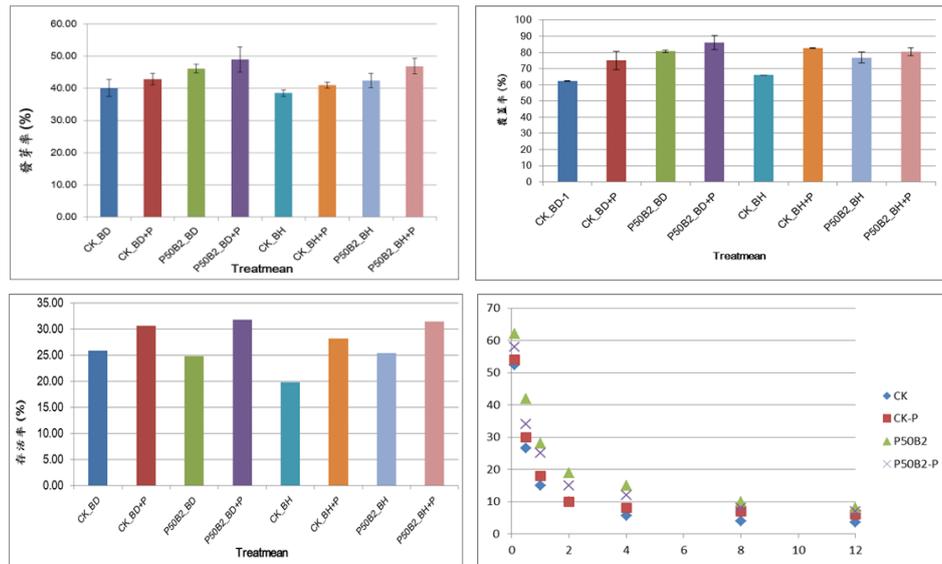


圖 3.1、(a)發芽率；(b)覆蓋率；(c) ；存活率；(d)水分特性曲線。

## (二) 現地草種覆蓋率(四個月後)

現地種子發芽覆蓋率試驗結果如表 4.2 所示，以添加 2% 生物炭與 50 ppm PAM 混合經電漿處理後之百慕達草種子處理最高 (85.9%)。經四個月後之覆蓋率，兩草種覆蓋率依序為：生物炭+電漿濺鍍處理 (80-90%) > 生物炭處理 (70-80%) > 對照組 (60-65%)，其中又以百慕達草之覆蓋率較佳百喜草佳。

## (三) 百喜草與百慕達草之存活率

台南市龍崎區現地因環境因素，其入侵植物以大花咸豐草為主，於第二個月即入侵試區格框內，其後因發芽迅速且傳播快速，進而影響實驗草種之發芽情況。因此，本實驗於第四個月時間測存活之試驗種子並計算存活率，且以添加 2% 生物炭與 50 ppm PAM 混合經電漿處理後之百慕達草種子處理最高 (31.9%)。本試驗可得結論，邊坡植生工法資材，經添加生物炭且種子經電漿濺鍍後，於四個月後存活率皆尚能超過 30% 以上。

## (四) 現地土壤保水度

邊坡植生工法須注意資材或土壤之保水能力。本試驗經四個月後，採集現地土壤，並進行壓力鍋試驗，及水分特性曲線試驗，如圖 4.9 及圖 4.10 所示。結果顯示，兩種試驗草種，生物炭添加於資材中可有效增加土壤水分含量，無論於粗孔隙或細孔隙之保水力，經添加生物炭後，土壤保水力皆增加至少 3-8% 以上。電漿濺鍍種子後，對水分之保水力並無顯著提升。因此，本試驗可得結論，土壤保水力皆由生物炭貢獻，電漿濺鍍並無貢獻土壤保水功能。

## 四、結論

本計畫自計畫起始至目前截至十月底止(期末進度)，完成：(1)生物炭選用、(2)不同功率電漿濺鍍之種子發芽率試驗、(3)現地發芽率與覆蓋率。電漿濺鍍種子發芽率試驗主要與 30W-5 分鐘的濺鍍條件可使種子氣孔開啟，且有效增加發率至 60% 以上。現地試驗截至十月底為止，結過顯示，均以 PAM 50ppm + 2% Biochar 混合電漿處理後之種子在植物發芽率與覆蓋率中最佳，其中以 PAM 50ppm + 2% Biochar 混合電漿處理後之百慕達種子處理最佳(85.9%)。此外，試驗經現地邊坡種植百慕達草與百喜草後，存活率皆尚能達 30% 以上，土壤含水率亦較對照組顯著增加 5% 以上。

## 透水式固床工之工法研發與水理特性研究(二、三)

國立屏東科技大學 吳嘉俊教授

### 一、前言

溪流整治工作中常用的橫向構造物，其主要功能在於減緩溪床坡降、穩定流心、防止溪床縱向淘刷、橫向侵蝕、溪岸崩塌。過去針對野溪整治的訴求，多以保全對象的安全為優先考量，近年來由於自然生態及環境保育觀念受到重視，因此，如何精進野溪整治所加設之橫向構造物的設計，以符合安全、保全以及自然生態環境永續的要求，已成為現階段治山防災的重點。因此，本計畫的目的，在於了解透水式固床工於不同通透率情況下對於溪床水流水理現象的改變，進而研發較為適宜的橫向構造物，以達到野溪整治之安全、保全、永續的最終目標。

### 二、研究方法

本研究乃是利用國立屏東科技大學水土保持系陡坡水工實驗室的試驗渠槽進行 1:50 比例之縮尺模型實驗，透水式固床工乃企圖改變傳統式固床工不透水的結構設計。水工試驗的控制參數包含：流量、渠床坡度、渠床床質平均粒徑、透水式固床工通透率等。

為了解透水式固床工通透結構體之通透度對於水流水理特性以及固床工趾部渠床淘刷規模的影響，故自 105 年度起分別採用的固床工模型包含傳統式固床工、通透率 7% 的 H 型鋼框內填塊石之透水式 A 型、通透率 68% 的二排陣列式方型箱涵之透水式 B 型、106(本)年度通透度 32% 的 H 型鋼軌框內填置石籠結構之透水式 C 型乃，以及通透度為 50% 的單排五孔管涵陣列、間填塊石的透水式 D 型。

試驗量測之淘刷參數分別為最大淘刷深度 ( $y_s$ )、固床工趾部至最大淘刷深度間的水平距離 ( $\lambda_m$ )、淘刷坑長度 ( $\lambda_s$ )；其中， $y_s$  為原始渠床砂面至淘刷最深點間的垂直高程差、 $\lambda_s$  為固床工趾部至淘刷坑結束的水平距離。除此之外，於試驗進行期間，利用電子式位移尺，搭配橫向位移計與據擷取盒，量測各個固床工區間內的水面與動床砂面高程數個斷面，藉以計算各量測斷面的水深。為數化固床工趾部淘刷之情形，本研究利用雷射高程掃描器搭配橫向位移計，以掃描渠床橫斷面的高程，做為固床工趾部渠床淘刷規模的分析。

### 三、研究成果與討論

#### (一) 水理特性：

傳統式固床工由於採用結構體頂緣高度齊平且實心不透水，導致水流通過時，會先被阻擋在固床工後方並形成迴水效應 (backwater effect)，使得流速降低，上游土砂開始於固床工後方淤積。隨後溢流以投潭的方式對固床工趾部的渠床進行淘刷，此投潭水流進入下游的角度、力道及淘刷位置將因入流流量及渠床坡的條件而有所不同。

雖然通透率不高，但當上游水流初次通過透水式 A 型固床工時，水流均可以順利通過 H 型格框內填充塊石的孔隙，使得固床工後方水位的壅高現象不如傳統式固床工來得明顯及快速。通過的水流，由於受到格框內填充塊石的影響，水流被迫分散、流速明顯變慢，導致淘刷規模略為縮減。又因為透水式 A 型固床工通透結構體頂端高度受到結構體內填充塊石的影響而崎嶇不一，也造就了溢淹而過的投潭水在此斷面各個位置上的流量分布不均，直接影響了下游淘刷坑的形狀。基本上，投潭水流在淘刷坑內的運動行為與傳統式固床工無異，土砂移動的過程則因為通透結構的通透特性而有所不同，但投潭所造成的局部淘刷不及傳統式固床工嚴重。

當上游水流來到透水式 B 型固床工時，水流可以輕易地通過高通透率的通透格柵，而以近似射流的方式衝出格柵，隨後接觸到的是相對粗糙的渠床，渠床表面較大的摩擦阻力消耗掉水流的部分能量，並於固床工下游產生水躍現象，最後在固床工的趾部產生淘刷。又由於透水式 B 型固床工所產生的水流流況不似透水式 A 型複雜，以至於渠床表面床砂的淘刷作用由渠床床砂的運移性決定。

當上游水流初次通過透水式 C 型固床工時，水流均可以順利通過格柵內內嵌箱籠填充塊石的孔隙，使得固床工後方水位的壅高現象不如傳統式固床工來得明顯及快速。但是，由於水流流速減緩甚為明顯，固床工後方的水位容易快速壅高，水流開始以溢流的方式漫淹過固床工，而逐漸產生投潭作用。溢流的水流於投潭過程中的運行行為大多與傳統式固床工及透水式 A 型固床工類似。

透水式 D 型的單排管涵陣列結構，因為管涵之間無法完全密接，使得管涵陣列比方型通透格柵陣列多了 42.5% 的孔隙面積。這些額外的孔隙讓水流穿過透水式 D 型固床工之後較不容易形成類似透水式 B 型的均勻快速射流層，取而代之的是較為紊亂且分離的管狀流束，較不會像透水式 B 型固床工一樣具備較高的掃流能力。透水式 D 型固床工對於其下游渠床的淘刷控制，就淘刷坑的幾何外觀來說，最大淘刷深度有明顯改善、最大淘刷深度發生的位置較遠離固床工結構，對於固床工基礎的保全似乎優於前列 A 型、B 型及 C 型透水式固床工。

## (二) 因次分析：

本研究利用因次分析(Dimensional Analysis)企圖找出影響固床工趾部局部淘刷規模應變數與影響淘刷規模之自變數因子間的關係，淘刷規模是以淘刷範圍的長度  $\lambda_s$ 、最大淘刷深度  $y_s$  以及最大淘刷深度發生之位置  $\lambda_m$  為主要運算參數，所組合而成的無因次項分別為：淘刷坑朝上游方向的坑面斜率 (USS) =  $y_s/\lambda_m$ 、淘刷坑朝下游方向的坑面斜率 (DSS) =  $y_s/(\lambda_s-\lambda_m)$ 、固床工趾部渠床的平均淘刷深長比 (DLR) =  $y_s/\lambda_s$ 。下式為固床工趾部渠床局部淘刷的無因次淘刷坑深長比 (DLR) 複迴歸公式，淘刷坑深長比複迴歸分析的顯著值  $1.42 \times 10^{-27}$ ，調整後的  $R^2 = 0.819$ ，屬於高度相關：

$$DLR = \frac{y_s}{\lambda_s} = 4.954 \cdot F_r^{0.108} S^{1.123} P_m^{0.179} B_R^{0.561}$$

上式為本研究連續兩年以來最具實用價值的複迴歸方程式，式子等號左邊的淘刷坑深長比代表於不同水理條件及不同透水式固床工型式下固床工趾部的無因次局部淘刷型態，用於描述平均最大淘刷深度與平均淘刷坑長的比值，等號右邊則為所有影響固床工趾部局部淘刷規模的物理參數；其中包括了水流流量、渠床坡降、渠床床砂粒徑，以及透水式固床工的最終堵塞率。

就實務應用而言，設計者可以依據擬整治的溪流段坡降、上游流量、渠床幅寬、治理段的溪床床質平均粒徑、透水式固床工的最終堵塞率等設計值，代入上式等號的右邊，而獲得預期會在固床工趾部局部淘刷的淘刷坑深長比  $y_s/\lambda_s$ 。根據本研究連續兩年度的水工試驗觀察發現，最常發生的平均淘刷坑長度約為固床工間距 (L) 的 1/3，因此，當設計者經由上述的計算獲得固床工趾部局部淘刷的預期淘刷坑深長比  $y_s/\lambda_s$  之後，設計者可將擬配置固床工群的固床工間距 L 的 1/3 長度取代  $y_s/\lambda_s$  中的  $\lambda_s$ ，即可獲得固床工趾部局部淘刷的預期淘刷坑深度，最後扣除出露溪床的固床工高度(建議採用 0.5m)，即可得知固床工埋入溪床的深度  $y_b$ 。

## 四、結論

整體看來，透水式固床工改變了溢流水深、減少了溢流水的投潭強度、改變了固床工趾部渠床淘刷的機制，使得淘刷規模得以減緩，水流境況得以多變，多變的床型型態遠優於傳統式固床工均一的淘刷，有助於生態友善棲地的營造。

# 仿植生根系錨固釘錨固特性之研究

國立屏東科技大學 謝啟萬 教授

## 一、前言

我國位於亞熱帶區，年雨量豐沛達 2500 mm，且位於太平洋地震環帶範圍中，而且為板殼交接處因此我國除山坡地佔國土約 60%，且山坡地形陡峭，地質年代較輕，且多為破碎，且每年 6~11 月為颱風季，且每年均有多次颱風路徑為我國帶來嚴重豪雨，近年來由於人類不當使用石化能源，引起極端氣候發生頻率增加，更增加暴雨量及其發生頻率，因此如何有效防護我國較不穩定坡面防止土石沖刷沖蝕乃為我國水土保持重要工作之一。其中如何植生或防護並降低坡面土壤沖蝕或流失為重要工作項目。

## 二、研究目的

天然材料或合成材料製成之植生毯鋪設於坡面上，短期可立即降低坡面土壤沖蝕效果，另當植生毯完成植生復育後，對水土保持功能亦更加提升。目前植生毯固定於坡面上多以金屬錨釘植入固定，為提升錨固效果，須採用較多及較長錨釘以達錨定功能之需求。如能改進錨釘之構造，增進錨釘效果，即可降低錨釘數目及植入長度，另如能改用可分解材質製成之錨釘，亦可增進環境保護之功效。

## 三、研究方法

本研究之專利錨固釘為一種兩段式後置形式之錨固釘，透過實體化與五種市售錨固釘進行抗拉及抗剪之特性比較，以利提供成品設計參考。目前採鋼製錨固釘進行建置樣品以方便設計修改，然未來考量產品化成本，將採塑膠錨體另行修改。

## 四、研究成果與討論

試驗結果顯示五種市售型錨固釘，包含 4 種塑膠製與 1 種金屬製，塑膠製因為開模射出製程，再錨體能有豐富形態變化，但在抗拉試驗中，以最簡單設計光滑錨固釘之拉拔力為最高達 361 N，而金屬製可能因錨徑小及同徑錨體之設計，抗拉試驗結果最低為 191 N。本研究仿植生根系錨固釘之試驗結果，在內部爪釘未伸出時為 179 N，其結果如同金屬製錨固釘，但在內部爪釘伸出後，其拉拔力提升效果顯著達 795 N，爪釘伸出後為未伸出之 4 倍，且比市售錨固釘高 1 倍之拉拔力，代表此專利為有效之概念，但在成本考量上，市售塑膠製錨固釘之單支成本約在 18 元，其成本低廉之優勢為本研究專利品之挑戰，未來應繼續改良，設法改善製作成本，以使高性能之產品具高度競爭力。

透過錨固釘施作抗拉與剪力試驗評估其錨錠機制與特性，再以其結果進行專利品改良，再經由現場試驗確認其功效，研究成果亦可為後期可分解之多爪植入式錨固釘設計研發之參考。

## 五、結論與建議

仿植生根系錨固釘能有效提升錨固力，透過錨體上之爪釘深入土體，有效增加抗拔力，在抗拉試驗之測試結果，無伸出爪釘之拉拔力為 179.1 N，此時拉拔力為錨體與土壤摩擦力，伸出爪釘後，其拉拔力由爪釘提供達 795.3 N，有無伸出爪釘之拉拔力差異達 4 倍以上。然挑選 5 種市售錨固釘進與本研究樣品對比拉拔力之性能，市售錨固釘之拉拔力最高為光滑錨固釘，其拉拔力為 361.4 N，比起

本研究之樣品，仿植生根系錨固釘高出 1 倍之多，證明本研究之產品具有顯著之效果，但在成本考量上，目前還無法量產化，不過就目前市售錨固釘單價調查結果，其塑膠錨固釘單價約在 18 元，本研究之概念成品需最佳化設計研究方可能後續製模量產降低生產成本。

研究製作仿植生根系錨固釘之設計雖有些微修改專利產品之設計，並經過數次修改設計，但仍為修改之必要，其中可包括錨固釘尺寸、爪釘密度、長度及伸展角度均為研究之項目，以期達到最佳化之設計，方可進行後續量產降低生產成本之階段。

# BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發

逢甲大學 林保宏副教授

## 一、前言

在世界各國的 BIM 技術發展與應用中，可以明顯的看到政府在 BIM 應用的推動上具相當關鍵的地位，而所推動之願景、藍圖、與策略等對於該國之 BIM 應用與發展皆具有重要及長遠之影響。行政院公共工程委員會於 2014 開始成立跨部會及結合產學界之「BIM 推動平台」，建構公共工程運用 BIM 技術之環境，並推廣 BIM 應用來提升國內營建產業生產力與國際競爭力，擬修訂採購契約範本納入 BIM、升級公共工程技術資料庫與 BIM 串接...等，亦規劃推動 BIM 三階段路徑圖。BIM 是國際上新興的趨勢，所帶來的新工具、技術、模式與觀念，可在數位虛擬空間以視覺化方式呈現，有助於全生命週期包括規劃、設計、施工、維運與管理等階段之溝通協調，並減少衝突與錯誤，提升工程效率及品質，有助於產業競爭力的提升。

## 二、研究方法

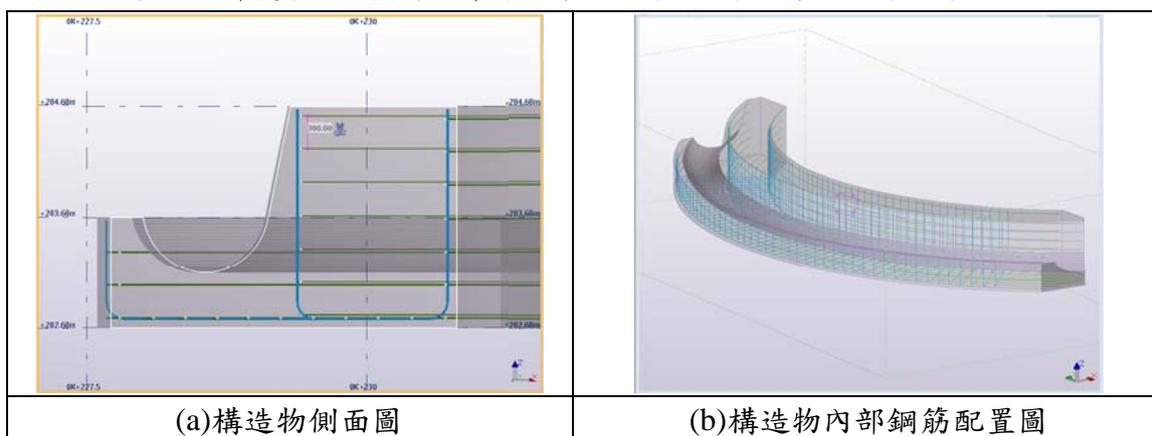
本研究蒐集水土保持局常用之工程，進而分析哪些工程適合導入 BIM 之技術，並選取南投縣中寮鄉「粗坑吊橋上游野溪二期工程」進行實際案例模擬。

### (一) 水土保持治理工程資料蒐集及分析

蒐集水土保持局歷年治理工程案件，並從中挑選大於 2,000 萬以上的工程，共五大類，在這五大類計畫中，以 500 萬以下之工程數量居多，約占 8 成，而 2,000 萬以上之工程約略不到 1 成，由此可見，水土保持局工程通常工程規模較小，因此哪些工程適合作為 BIM 導入之案例，須依工程項目多寡、複雜程度、規模、類型、允許廠商建模或應用的時間長短、精度、目的與用途等因素，而有不同之影響。

### (二) 「粗坑吊橋上游野溪二期工程」實際案例

本計畫使用 Tekla Structures 建模軟體建立起 BIM 建築模型，並利用其建置「粗坑吊橋上游野溪二期工程」實際案例，產出鋼筋數量統計表、構造物元件及其內部鋼筋相關資訊，最後又以 Lumion 整合展示本區無人載具產製之數值地形、各種構造物等 3D 資訊模型的設計成果，以提高設計的可行性和竣工效果，詳細如圖 1 所示。



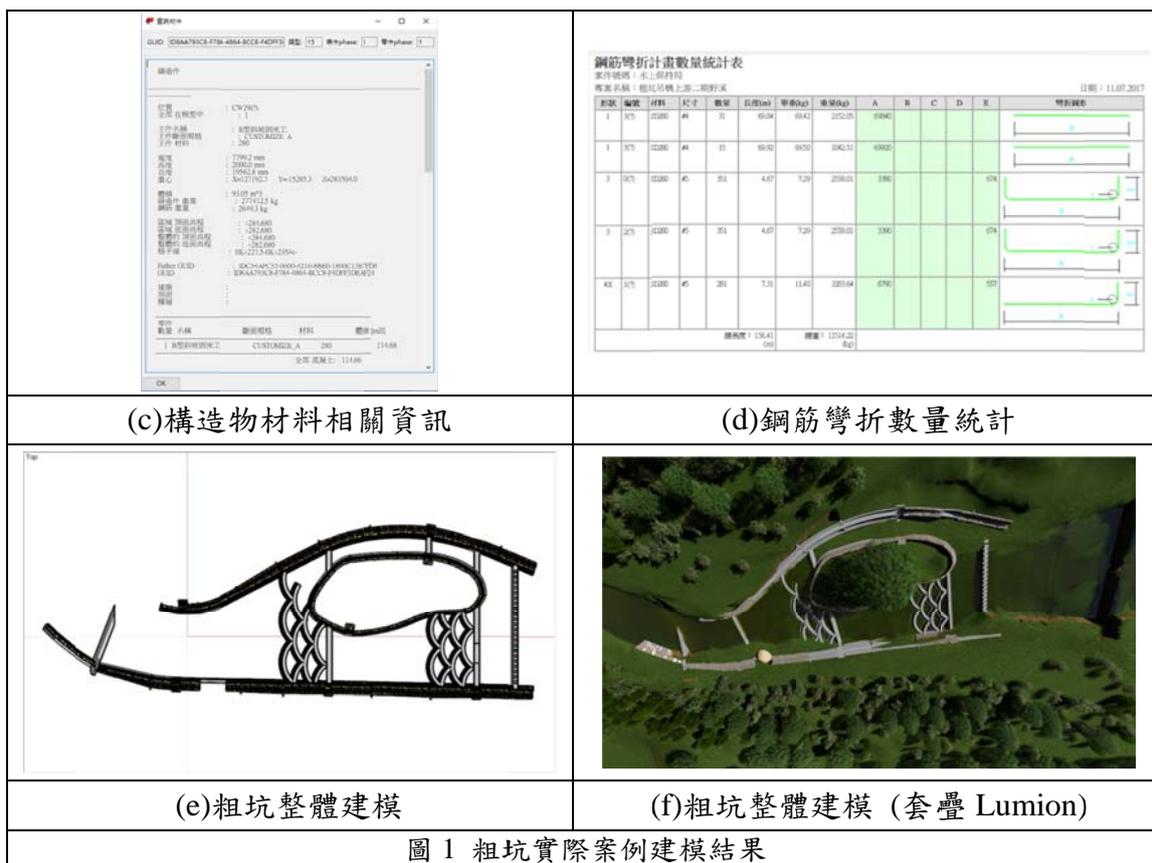


圖 1 粗坑實際案例建模結果

### 三、研究成果與討論

BIM 技術能幫助水土保持工程解決許多目前作業方式所遭遇之困境，其應用於水土保持構造物可行性是相對樂觀的，歸納出以下幾點：

- (一) BIM 建模雖較一般 2D 繪圖耗時，然若針對前述第二章所分析出來之水土保持工程構造物較常用之工法及型式經過完整的元件建置後，後續建模得以效率大幅提升。
- (二) BIM 的 3D 建模相較於以往 2D 平面視圖要來的更加清楚，大幅降低可能因平面視圖會有許多簡化與漏失而造成的盲點與爭議，避免無謂的損失。
- (三) 由於 BIM 在國內應用尚未普及，更遑論是應用於水土保持構造物，且 BIM 相關人才不足，導致利用 BIM 技術建模時，費用相對要來的高，因此則有需要仰賴政府訂定相關政策，以利 BIM 之推動。

### 四、結論

- (一) BIM 應用於水土保持構造物時，由於不同於一般建築，多有不規則之形狀，建置較為耗時。
- (二) BIM 技術可結合地形，依據集水區地形環境、高程條件、配置情況模擬演練各種情境，並可在規劃設計初期依模擬情況做出最適當的應用。
- (三) 由於 BIM 於件模式費用較高，於水土保持構造物之應用尚未普及，因此於現階段僅適合大規模之工程。
- (四) BIM 建置水土保持構造物後，相較於傳統人工計算方式快速，且可透過這些統計報表數據進行配筋最佳化之決策及分析。
- (五) 由於已知其相關混凝土以及鋼筋數量等，因此可直接針對其單位長度之數量進行估價。

# 水土保持保育治理相關工程智慧化提報及審查作業之研發

逢甲大學 吳銘順 助理教授

## 一、前言

水土保持工程提報及審查作業向為水土保持局轄管各分局重要且相當繁重的工作之一，其中尤以外業現勘工作及填寫各式勘查紀錄表單之工作量，不僅每年外業勘查件數高達千件數以上，且因採用紙本方式填寫紀錄，勘查結束後再於內業逐筆鍵入電腦，而各勘查案件在內業之圈選提報、審查及彙整過程皆以人工方式處理，不僅浪費大量人力和時間資源，亦常因人為疏失或誤繕而影響作業效率。為此，本研究即以研發水土保持工程提報及審查作業為對象，運用先進之資料庫系統期建立資訊化、智慧化之內、外業作業環境，期提升水土保持工程提報及審查作業效能，提高為民服務之行政績效。

## 二、研究方法

本研究應用 FileMaker 系統開發工具，建立水土保持工程提報及審核作業模組。本模組包含外業現勘填表作業資訊化模組及內業提報和審核作業智慧化模組，前者係以行動載具（本系統以平板電腦為主）進行外業現勘，主要功能包括現勘填表、座標讀取、照片拍攝、資料儲存及紀錄表回傳等，體現全無紙化之作業環境，具有便利、省時及防錯等優勢；後者係以整合各種勘查紀錄表之各項後續提報、審核、上傳、存檔、列印、統計、自動演算、查詢等工作，其作業主要是在室內桌機(desktop computer)上執行，並具有介接各個層級和環節之功能。

## 三、研究成果與討論

本研究因應水土保持局轄管各分局之作業方式，將水土保持工程提報及審查作業區分為外業現勘填表及內業提報及審查兩作業模組，同時以水土保持局南投分局之作業流程為模擬對象分別建置兩作業模組之各項功能。

外業現勘填表作業模組係由「建立或刪除預定勘查工程」、「選定勘查工程性質（包括水土保持工程或重劃區外緊急農路設施改善工程兩大項目）」、「勘查結果上傳」及「外業勘查作業」等四大項目組成，其中外業勘查作業包含勘查紀錄表中之「基本資料」、「現況分析」、「擬辦工程概估內容」、「會勘人員」及「現場照片」等五大選項，如圖 1-圖 5 所示。圖中，係以水土保持工程勘查紀錄表為例。本模組提供下拉式選單、注音、手寫及語音等方式進行輸入，同時本模組也提供擬辦工程選單及自動計算工程經費功能。另，因部分區域尚無網路或網路訊號不穩，導致影響勘查人員一時無法將現勘紀錄內容回傳至分局伺服器內，因而本模組建置了現勘時網路離線與在線的處理模式，以為因應。



內業作業模組依工作職掌可區分主管級和主辦級人員兩種子模組。主管級係指課長級以上人員，本子模組以「分局全生命週期統計表單」為主，如圖 6 所示。本表單具有(1)統計分局各年度所有工程於勘查、提報、設計、施工、生態檢核、維護、圖像集及相關公文等各階段之工程案件；(2)「地圖展示」功能，如圖 7 所示；(3)點選表中數據，可進入該階段深入瞭解其作業情形。以南投縣「勘查」階段為例，於「工程全生命週期統計表」中之勘查點選「南投縣 3」，則畫面會出現南投縣 3 件工程之勘查情形，如圖 8 所示。本畫面具有以下功能，包括：(1)進度查詢；(2)工程紀錄表重要資訊；(3)關鍵字查詢；(5)展開所有紀錄表；(6)初、複審及設計工程提報選單；(7)回統計表選單功能；(8)勘查紀錄表內容調整、修改及簽核。

在主辦人員部分，自首頁進入其管理頁面後，即呈現年度所有工程進度尺標及相關資訊，如圖 9

所示。圖中，主辦人員管理頁面包含 6 項功能，包括：(1)狀態顯示；(2)新增或刪除勘查紀錄表檔案；(3)將新增勘查紀錄表上傳至外業作業平板；(4)關鍵字搜尋；(5)展開所有紀錄表；及(6)初、複審及設計工程提報選單等。此外，主辦人員可以配合主管級簽核結果，自動從表單中列印相應之勘查紀錄表及提供審查明細表單，亦可配合 500 萬元以上工程案件自動匯入水土保持局工程管考系統，以作為水土保持局審議作業所需、使整個作業變得相當簡便。

| 年度  | 縣市別 | 勘查 | 提報 |    | 設計 | 施工 | 生態檢核 | 維護 | 圖檢集 | 相關公文 |
|-----|-----|----|----|----|----|----|------|----|-----|------|
|     |     |    | 初審 | 複審 |    |    |      |    |     |      |
| 106 | 南投縣 | 3  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0   | 0    |
|     | 彰化縣 | 3  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0   | 0    |
|     | 雲林縣 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0   | 0    |
|     | 嘉義縣 | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0   | 0    |
| 合計  | 8   | 2  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0    | 0  | 0   |      |
| 107 | 南投縣 |    |    |    |    |    |      |    |     |      |
|     | 彰化縣 |    |    |    |    |    |      |    |     |      |
|     | 雲林縣 |    |    |    |    |    |      |    |     |      |
|     | 嘉義縣 |    |    |    |    |    |      |    |     |      |
| 合計  |     |    |    |    |    |    |      |    |     |      |

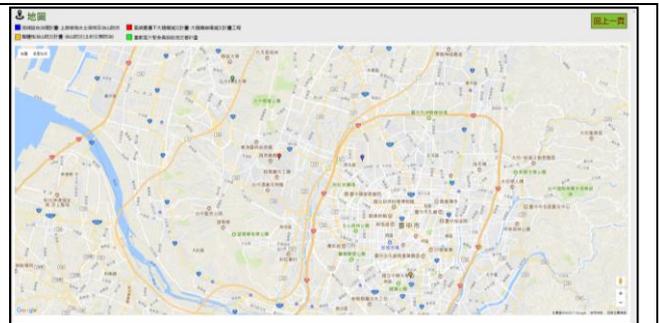


圖 6 分局全生命週期統計表單

圖 7 工程位置地圖展示

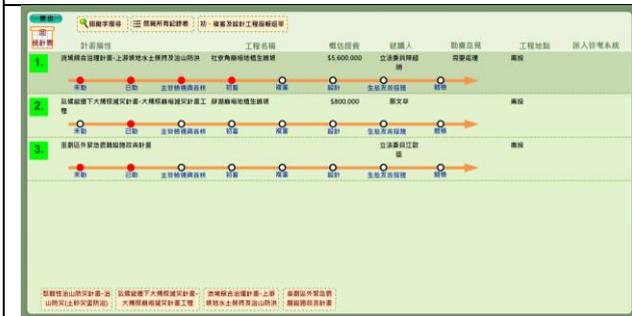


圖 8 南投縣 106 年度勘查階段進度尺標及其資訊

圖 9 主辦人員管理頁面

四、結論

- (一) 內、外業作業模組全無紙化之作業環境，具有省時、省工、高績效、減錯誤等效能。
- (二) 實現擬辦工程經費概估自動化。
- (三) 實現工程防砂量演算自動化。
- (四) 內業作業智慧化流程，包括主管級人員對勘查工程內容審核、提報初、複審工程等，同時自動轉至主辦人員作業模組執行後續配合作業，讓整個工程之勘查、提報、審查及上傳等環節，不論是主管級人員或是主辦工程人員均能相互配合無縫介接，以利治理工程之順利推動。
- (五) 資料庫格式可介接水土保持局既有各種資料庫。

# 應用 30 年遙測資料調整上游集水區氣候變遷調適策略

國立中興大學環境保育暨防災科技研究中心 蔡慧萍 專案助理研究員

## 一、前言

因應全球氣候變遷與上游集水區保育治理工作執行不易，本計畫應用遙測技術分析上游集水區之植被特徵，提出集水區自然分群，協助水保局進行台灣上游集水區的氣候變遷調適策略規劃。

## 二、研究方法

本計畫蒐集全台灣三十年常態化差異植生指標 (Normalized difference vegetation index, NDVI)、氣溫及雨量時間序列資料，應用階層式分群法分析(Hierarchical cluster analysis, HCA)及冗餘分析(Redundancy analysis, RDA)進行全台灣上游集水區分群並探討坡度、坡向、氣溫及雨量四類因子中何者具有顯著影響，接續探討上游集水區分群在氣候變遷模擬情境下之變化，提出調整上游集水區氣候變遷調適策略之建議。

## 三、研究成果與討論

### (一) 全台灣植生指標 NDVI、氣溫、雨量時間序列

本計畫選取 70 個次集水區作為研究單元，進行 1982 年至 2012 年月平均時間序列資料萃取。NDVI 之平均值為 0.37 至 0.91；雨量平均值為 0.37 至 33.49mm；溫度平均值為攝氏 10.27 至 24.36 度 (圖 1)。

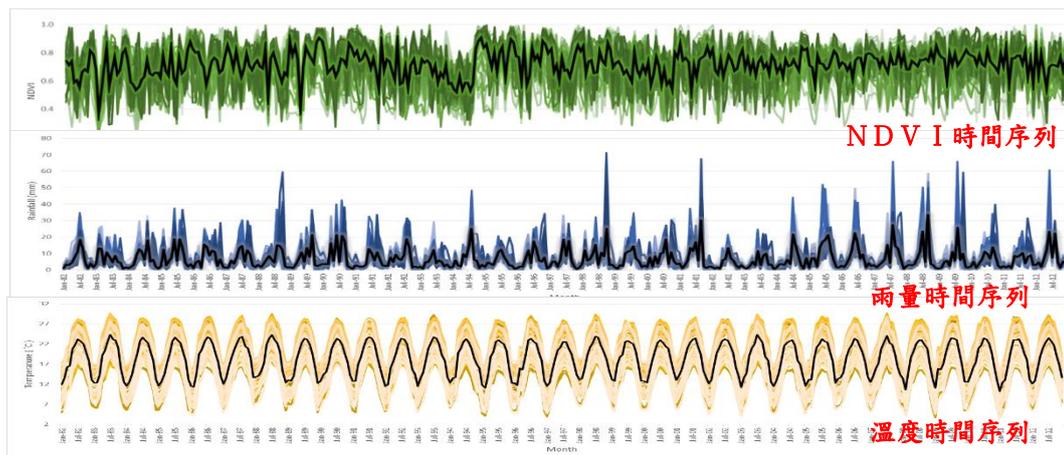


圖 1 上游集水區NDVI及雨量溫度時間序列成果

### (二) 進行全台灣集水區分群與影響因子分析與篩選集水區之重要影響因子

成果顯示台灣集水區可分為 6 群。重要影響因子共有 9 個，分別是坡度、溫度、平坦坡、東北向坡、雨量、東向坡、東南向坡、西向坡以及西北向坡 (圖 2)。

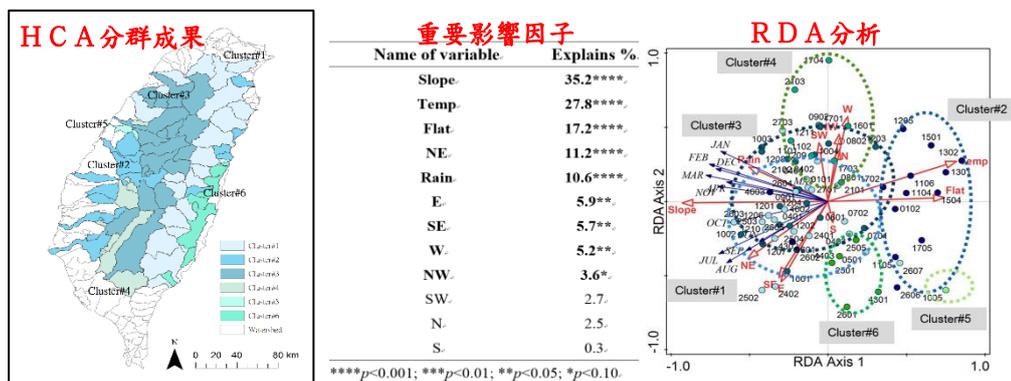


圖 2 上游集水區 HCA 分群成果與重要影響因子 RDA 分析

(三) 探討集水區分群在氣候變遷模擬情境下之變化

以HadGEM2-AO 模式進行分析四種氣候變遷情境 (RCP2.6、RCP4.5、RCP6.0 和 RCP8.5) 在四種期距內(2021-2040、2041-2060、2061-2080 和 2081-2100)之變化。發現雨量冬春夏季皆減少，冬季減少最多(11-51%)；溫度則全面呈現上升(0.4-2°C)。

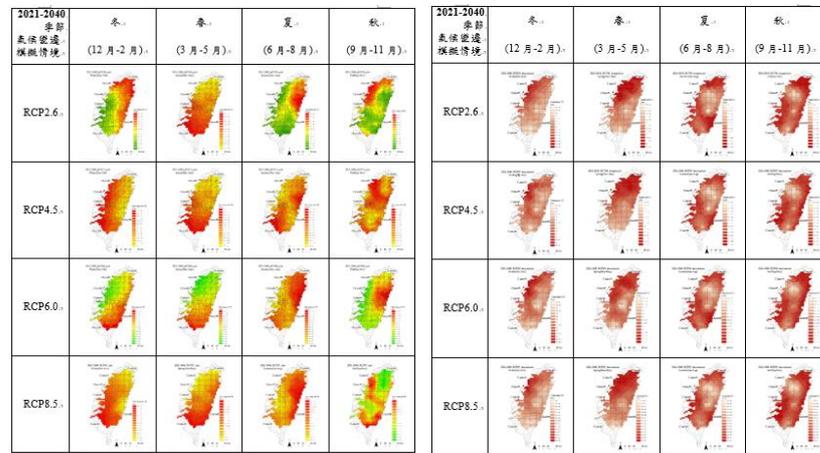


圖 4 四種氣候變遷情境在 2021-2040 期距之雨量變化率、溫度變化量(範例)

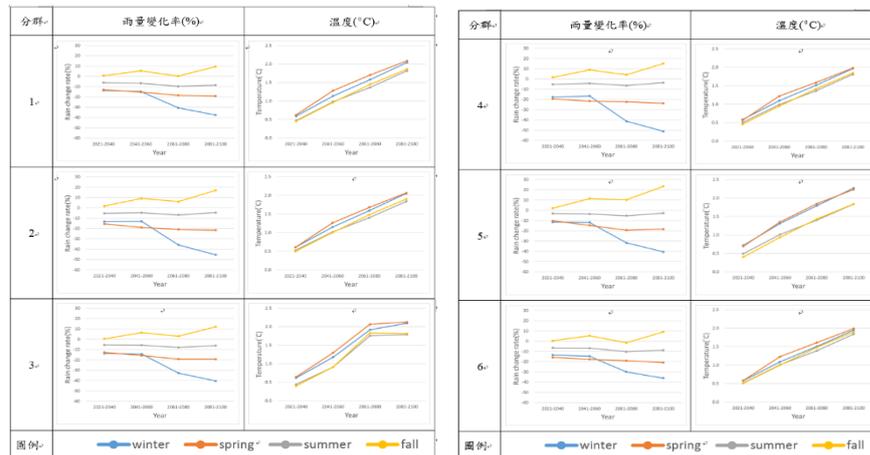


圖 3 各分群在不同期距中氣候變遷模擬情境下之平均雨量變化率與溫度變化量

四、結論

- (一) 台灣上游集水區可分為 6 個分群，未來可以此分群作為治理單元進行管理。
- (二) 重要影響因子有 9 個，包括坡度、溫度、平坦坡、東北向坡、雨量、東向坡、東南向坡、西向坡以及西北向坡，可解釋 52% 的 NDVI 變異量。
- (三) 氣候變遷呈現冬春夏三季雨量減少，冬季減少最多(11-51%)；溫度呈現上升(0.4-2°C)。
- (四) 氣候變遷調適策略各分群建議如後：
  1. 第一分群：注意高海拔物種、人工林與整體森林的碳吸存能力和生態功能等影響。
  2. 第二分群：可進行農地熱點(Hotspot)/脆弱度探討、適時調整耕作與輪作制度，配合農業天然災害救助補助政策或農業保險進行整合與發展。
  3. 第三分群：為中央山脈綠帶保護區之重點，串聯由南到北的綠帶保護區與東西向的綠地森林綠帶網絡、加強林地管理、注意其坡地沖刷和土石流威脅。
  4. 第四分群：需注重山坡地農用適宜性與衝擊性評估、颱風與短時強降雨坡地災害。
  5. 第五分群：建議評估雨量變化對於水資源調配與農用灌溉需求。
  6. 第六分群：加強坡地防減災工作和大規模崩塌與危機應變能力。

# 國內外集水區環境友善及生態檢核培訓認證制度研究

國立臺灣大學 李玲玲教授

## 一、前言 (第一章)

全球氣候變遷與生物多樣性快速流失是現今人類必須面對的重大環境議題，尤其是地震及颱風頻繁的臺灣，極易受到氣候變遷所導致極端天氣事件的影響。為此，我國政府相關政策已融入氣候變遷調適、維護自然生態及環境保育等概念，並在治理工程之過程中導入生態友善考量，進而發展生態檢核機制，以減輕工程對環境的衝擊，並維護生物多樣性與生態系服務。

## 二、研究方法 (第二章第二節)

本計畫於 106 年 5~6 月在北、中、南區域各辦理一場參與人數至少 30 人的水土保持工程生態檢核基礎課程研習，研習對象以水保局各分局工程相關人員為主。另針對課程內容設計問卷，並於課程開始前及結束後分別讓參與者進行問卷填寫，以評估參與者接受課程前後的觀念改變程度及研習課程執行成效，並將結果回饋至後續工程生態友善進階課程規劃。另於 106 年 8 月 30 日及 10 月 13 日邀請水保局及其各分局長官、技師公會、NGO 團體與專家學者代表辦理課程座談會，收集進階課程規劃及生態檢核人員認證制度可行性之相關意見。進階課程之規劃則根據基礎課程辦理經驗及課程座談會意見蒐集結果調整內容。本計畫亦彙整分析國內 4 種認證形式，並依據水保局對工程人員應具備的生態檢核能力之需求，評估可執行的認證制度方式，同時規劃與建立該認證制度的方式。

## 三、研究成果與討論

### (一) 水土保持工程生態檢核基礎課程辦理 (第三章第一節)

本計畫已在北、中、南區域共辦理 3 場水土保持工程生態檢核基礎課程，總計有 177 人次參與。課程辦理之問卷調查結果顯示，參與人員在多數題組的後測答題分數高於前測答題分數 (圖 1)，表示參與人員在接受基礎課程後有產生觀念上的轉變。在課程回饋部分，多數參與人員肯定和滿意基礎課程的辦理，並提供如增加課程等規劃與辦理相關建議。

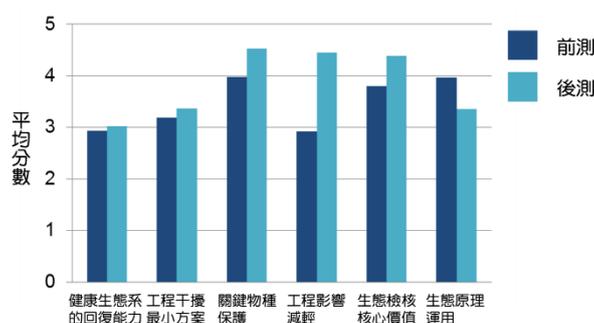


圖 1 課程參與人員學習成效分析

### (二) 課程座談會辦理 (第三章第二節)

本計畫共辦理兩場課程相關座談會，邀集水保局、技師公會、NGO 團體與專家學者代表，蒐集包含 (1) 生態檢核制度推動、(2) 進階課程規劃、(3) 認證制度辦理之意見，並回饋至水土保持工程生態檢核進階課程規劃及認證制度可行性評估。

### (三) 水土保持工程生態檢核進階課程規劃 (第三章第三節)

參考基礎課程辦理經驗及課程座談會意見蒐集結果，將生態檢核參與人員依據其角色立場及功能進行能力需求分析，並分別規劃四種進階課程內容 (表 1)：(1) 針對利害關係人辦理的「生態檢核推廣課程」；(2) 針對公務人員、設計/營造廠商、NGO 團體辦理「生態檢核能力培養課程」；(3) 針對

生態檢核即時人力辦理的「生態檢核人員速成訓練課程」；(4) 針對生態檢核人員辦理的「生態檢核人員培訓課程」。

表 1 水土保持工程生態檢核進階課程規劃內容 (單位：小時)

|               |                 | 生態檢核推廣課程        | 生態檢核能力培養課程        | 生態檢核人員速成訓練        | 生態檢核人員培訓課程        |
|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 生態檢核          | 發展歷程            | 1               | -                 | -                 | 2                 |
|               | 執行重點與內容         | 1               | 1                 | 2                 | 2                 |
|               | 執行流程說明          | 1               |                   |                   |                   |
|               | 表格填寫操作          | -               | -                 | -                 | 2                 |
| 基本觀念          | 生態學、保育生物學、環境倫理學 | -               | 4                 | -                 | 10(工程背景)          |
|               | 工程規劃            | -               | -                 | -                 | 10(生態背景)          |
| 生態資料查詢        |                 | -               | 3                 | -                 | -                 |
| 生態關注區域圖繪製     |                 | -               | -                 | -                 | 12                |
| 調查方法          | 棲地評估            | -               | -                 | 2                 | 12                |
|               | 生態調查            | -               | -                 | -                 |                   |
| 工程常見生態議題及友善對策 |                 | -               | 4                 | 4                 | 4                 |
| 工程生態衝擊影響評估    |                 | -               | -                 | -                 | 4                 |
| 案例操作          |                 | -               | 4(討論)             | 4(討論)             | 16(實作+討論)         |
| 課程時間規劃        |                 | 4<br>(含討論 1 小時) | 16<br>(2 天各 8 小時) | 12<br>(2 天各 6 小時) | 64<br>(8 週各 8 小時) |

#### (四) 認證制度可行性評估 (第三章第四節)

因為生態檢核之執行缺乏中央主管機關、法源依據及執行規範，生態檢核人員認證建議採用知識認證形式，並初步研擬辦理辦法 (圖 2)：認證參與人員需通過考試及實際案例操作才能獲取認證資格。

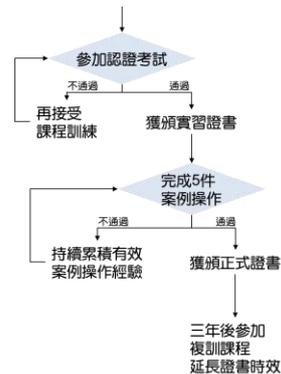


圖 2 生態檢核人員認證办理流程初步規劃

#### 四、結論

依據計畫執行成果可知，課程需針對知識缺口及課程目標設計內容，並搭配實際案例列舉和預擬案例操作等互動式課程，以促進參與人員對課程的理解。而座談會參與各界代表皆認同生態檢核相關參與人員課程之規劃與辦理，但對生態檢核人員認證制度辦理尚無共識。因此我們建議，為落實工程執行生態檢核，水保局應持續推動、辦理水土保持工程生態檢核進階課程；同時為維持生態檢核執行品質，建議後續應考慮辦理生態檢核人員認證，並規劃辦理細節包含考試合格及案例執行品質標準制定、實習辦法與複訓課程規劃。

# 強化水庫集水區因應氣候變遷治山、防洪及排淤調適能力之研究

逢甲大學 何智超研究助理教授

## 一、前言

台灣地區山高坡陡，地質條件欠佳，每逢颱風豪雨來襲，常伴隨坡地沖蝕崩塌發生，土砂隨著河流進入水庫集水區致使水庫發生嚴重淤積。以石門水庫為例，歷經多次颱風淤積後，現況總淤積佔原庫容 33.1%。加上石門水庫集水區地質主要為澳底層、大桶山層與乾溝層，此種頁岩受風化影響，是細顆粒泥質土的主要來源，致使豪大雨發生時水庫水質濁度易升高，降低供水能力。在極端氣候加劇下，豪大雨發生頻率越趨頻繁，水庫將面臨洪水量增加與來砂量增加的雙重挑戰。因此本計畫目的為建立一套可以同時考量集水區土砂及水庫防洪排砂運轉模式，以探討在氣候變遷影響下，建立水庫最佳操作規則，確保水庫功能及延長水庫壽命的方法，達到水庫永續經營之目標。

## 二、研究方法

- (一) 水文變化區域水文氣候因子變動趨勢分析：以統計方法分析雨量變動趨勢，以 MK 檢定檢視觀測資料是否有顯著上升或下降變動趨勢。MWP 檢定和 KW 檢定用來檢視觀測資料是否存有變異點以及變異點發生在哪一年。
- (二) 區域氣候空間與時間降尺度分析：以 IPCC 之 AR5 評估報告為分析基礎，配合 TCCIP 降尺度結果及氣候繁衍模式(Weather generator model)，分析基期(1986-2005)及近未來(2020-2039)之水文變化
- (三) 水庫集水區土砂產量評估：透過打荻珠男經驗公式及修正土壤沖蝕公式評估單場事件之土砂生產量，再配合遞移率評估水庫入砂量
- (四) 水庫防洪減淤操作最佳規劃模式之發展：結合遺傳演算法、河川水理類神經模式及庫區泥砂類神經模式，發展水庫防洪減淤最佳規劃操作模式。
- (五) 調適方案執行優先順序分析：參考英國氣候衝擊綱領 (UKCIP)調適精靈之評估指標，利用多準則排序評估法，針對調適方案進行排序

## 三、研究成果與討論

- (一) MK 檢定結果顯示枯水期雨量及年最大連續不降雨日數並無顯著上升或變動趨勢，年雨量、豐水期雨量及年最大一日降雨量有 3-4 站呈現顯著上升趨勢。
- (二) MWP 與 KW 檢定結果顯示枯水期雨量無顯著變異點，最大連續不降雨日數，年雨量、豐水期雨量及年最大一日降雨量有 1-5 站呈現顯著變異點。變異點主要發生於 1990-1997 間。
- (三) 石門水庫近未來(2020-2039)雨量趨向春雨減少、秋颱或暴雨增加之趨勢。
- (四) 近未來(2020-2039)入庫土砂量重現期 100 年最大一日暴雨之入庫土砂量為 1207.5 萬立方公尺，較基期(1986-2005)增加 216.68%入砂量。
- (五) 水庫防洪減淤最佳操作規則優先由排砂鋼管進行排洪排砂，溢洪道次之，排洪隧道最後。
- (六) 石門水庫因應氣候變遷之治山、防洪、排淤調適策略建議優先推動順序為山坡地保育治理、土地使用管理與防災監測、阿姆坪隧道及大灣坪防淤隧道。

#### 四、結論

本計畫結合集水區土砂生產量評估及水庫防洪排淤操作最佳化模式，探討氣候變遷下石門水庫集水區之土砂產量變化及最佳防洪排淤操作規則，分析結果顯示受到氣候變遷影響下，石門水庫集水區在豐水期降雨量、降雨強度有顯著變化，枯水期則變化則較不顯著，強降雨現象也造成近未來(2020-2039)入庫土砂量較基期(1986-2005)有顯著提升，為此本計畫除提出防洪減淤最佳操作規則因應外，另提出山坡地保育治理、土地使用管理與防災監測、阿姆坪隧道及大灣坪防淤隧道等調適方案，期透過工程及非工程方法，確保水庫功能及延長水庫壽命的方法，達到水庫永續經營之目標。

## 重力、地震力與降雨引致的邊坡破壞行為模擬研究 (II)

洪汶宜 副教授

### 一、前言

邊坡滑動是世界上最常見的天然災害之一，不僅對人的生命財產造成影響，且對人的生命及財產造成負面的影響。造成邊坡滑動破壞的原因有地震、颱風、降雨(特別是熱帶地區)、排水系統無法負荷雨水入滲、重力引致等。因此，重要的是預測邊坡的穩定性，降低邊坡滑動的影響，並找出導致邊坡滑動的因素。降雨是影響邊坡穩定性的重要因素之一。2009年8月8日莫拉克颱風來襲，台灣累積降雨量超過2600毫米，造成極度嚴重的破壞，600多人因淹水、土石流、山坡地滑動而死。因此，探討邊坡穩定性和預測邊坡滑動是非常重要的，可提供解決邊坡穩定性問題的方法。

近年來對邊坡穩定的方法有很多。日本國家地球科學與防災研究所利用大型模型模擬的降雨範圍為5~200 mm/h，最大降雨高度為16公尺。然而這種方法有很多限制，如模型尺寸和模型製備等材料都要耗費巨額的成本。因此，離心模型試驗是大地工程中重要的工具，降低了尺寸的限制及金錢和時間的成本。在本研究中，為了瞭解重力、地震、降雨條件下的砂土邊坡滑動行為及柔性排樁牆在動態載重下的破壞行為。研究評估和分析了解自然因素對邊坡穩定性的影響，並預測何時會發生邊坡破壞。有助於提升堤防、水壩、挖掘、堆積區等建築物之安全性。

### 二、研究方法

本研究利用國立中央大學地工離心機進行一系列離心模型試驗，探討單一自然營力(重力、地震力與降雨)對邊坡破壞的影響，以及以工程手法進行相關穩定工程的效益研究，研究之架構突如圖1-1。105年第一年計畫內容在探討邊坡因重力和地震力引致破壞的行為模擬；106年第二年研究內容為邊坡因降雨引致的破壞和與排樁牆的受振行為模擬；107年第三年研究內容預計探討地表植生對抵抗邊坡淺層滑動的有效性；108年第四年研究內容預計探討植入樁工法對抵抗邊坡深層滑動的有效性。然而，實際上邊坡處於地震、降雨、乾濕循環等不同的環境條件循環之下，受不同環境與外力事件的交互影響，107與108年的研究可以進行這方面的模擬與探討，以期對邊坡穩定問題能有更多幫助。

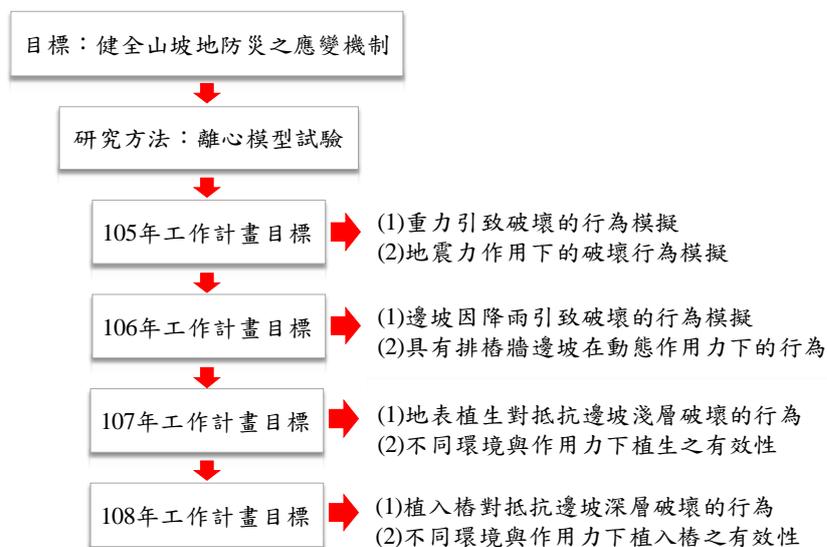


圖 2-1 離心模型試驗研究架構

### 三、研究成果與討論

在 105 年研究結果顯示：邊坡受重力作用時，礫石層的方向影響了邊坡的穩定性，傾斜的礫石層較容易導致邊坡滑動。含水量對邊坡穩定性也有影響，含水量高的邊坡容易滑動。在重力條件下，如果坡高高於 10 m，土壤逕流大約 0.16H。

106 年的研究中顯示：在相同的累積降雨量(mm)下，邊坡的破壞行為（逕流距離、土壤流失、有效滑動區）近乎相似。然而，以相同累積降雨量做統計，降雨強度高的破壞時間遠早於降雨強度低的破壞時間，降雨強度明顯影響了邊坡的穩定性。另外，在降雨強度高的情況下，坡度從 0.7H 的原始表面出現張力裂縫，而降雨強度低的邊坡無張力裂縫發生僅有表面侵蝕。高降雨強度 (0.16H) 入滲深度比低降雨強度 (0.08H) 更深兩倍，入滲深度達到礫石層為止。因此，降雨入滲明顯降低邊坡的穩定性。結果顯示，地震對邊坡穩定性的影響最為顯著，地震條件下的潛在破壞比重力條件下更為嚴重。

106 年的排樁牆離心模型試驗結果可知，地震動態載重引起的最大沉陷位於排樁牆身後方，大部分的沉陷距排樁牆後方約 0.25 倍牆高處，而雙層排樁牆因結構勁度較高，沉陷量較小。由地震動態載重最大彎矩值比受靜態載重作用要高出 30%，為降低受地震動態載重作用後產生之危害，結構內部穩定性要高，安全係數建議大於 1.3。相對於雙層排樁牆，單層排樁牆之彎矩增量較大，而在單排樁之土層條件為飽和狀態時，土壤自身失去阻抗能力，彎矩增量較小。

從側向位移量測的結果得知，側向位移與基盤所輸入的震動事件之關係極為一致，顯示出動態荷載為結構產生側向位移的主要原因，而震動事件在每一週數結束後便會引起殘餘位移，雙層排樁牆位移量較小。土層條件對於側向位移量影響顯著，間接關乎到擋土結構之穩定性。且隨著排樁牆高度越高，振幅放大效應越大，其現象與前人試驗結果一致。

### 四、結論

本研究於國立中央大學地工離心模型試驗實驗室進行了一系列的離心模型試驗，分別探討重力、地震與降雨引致的邊坡破壞狀態及排樁牆擋土結構受動態載重下的力學行為，初步得知可能的破壞位置與範圍，以作為實際工程施作之參考依據。105 年與 106 年結論如下。

1. 邊坡內薄層透水層與坡面同向對穩定性不利的影響，亦會影響邊坡內土壤含水量與剪力強度分布。
2. 在基盤振動情況下，坡頂張力裂縫產生的位置會離坡頂更遠，影響範圍更大。
3. 在相同累積降雨量情況下，降雨強度高的破壞時間遠早於降雨強度低的破壞時間，降雨強度明顯影響了邊坡的穩定性。
4. 在高降雨強度高的情況下，坡度從 0.7H 的原始表面出現張力裂縫，而降雨強度低時則邊坡坡頂無裂縫但有雨水引致的侵蝕。
5. 降雨強度與雨水入滲深度成正相關關係。
6. 受到約 0.2 g 基盤輸入動態載重下，牆後土壤最大沉陷量會發生在排樁牆後方約 0.25 倍牆高處。若使用雙排版樁牆系統，可大量降低牆後土壤沉陷與牆體之變位。

# 山區河流過渡至平原河流之水砂災害治理方式探討

國立中興大學 陳樹群教授

## 一、前言

臺灣地區自然地貌差異甚大，河川多發源高山，沿程流經山區、丘陵直到下游的平原，而河道的橫斷面型態從上游 V 型到下游轉變為 U 型，災害類型也由多土砂變為多洪氾，其中轉變區段則為土砂洪水複合災害。目前是以治理界點來劃分各權責單位的治理界線，當中權責單位含括縣市政府、林務局、水保局及水利署，而各單位之治理觀點也有所差異，但因各河段於地理空間上之連結使河川系統內部相互影響，故本研究提出「共同治理區」之概念並以濁水溪流域為研究區域，期以此整合相關單位一同討論並相互配合，使河道整體土砂平衡、構造物的強度、災害發生的機率得到最佳的控制及處理，朝向整體河相營造的方式來進行整治，最終可達成「治理分工、土砂平衡」之願景。

## 二、研究方法

現今是以河川界點作為河川治理界限之劃分，但因臺灣本身地形陡峻，溪流坡陡流急，許多河段並無可調控土砂之構造物或設施，颱風事件發生時，集水區中崩塌地的土砂量易進入主河道，對河道造成影響，尤其野溪的陡坡及洪水的大流量使大量土砂進到下游的河道，造成河道阻塞或形成堰塞湖，若發生這樣情況時還是只以河川界點來劃分治理範圍似有不妥之處，故本計畫之核心理念為「水砂不可分割應協調治理」，透過水砂不可分割之觀念進行濁水溪流域共同治理區段之判別。

### (一) 濁水溪流域之形狀及縱剖面特性

由流域形狀外觀來看，濁水溪流域外觀呈現上游源頭偏圓而下游偏狹長，當流域形狀偏圓，其地質、地形的跨度較大，水流較有橫向發展的空間，可形成具有數條主流之水系型態。

### (二) 濁水溪流域河段坡度及高程特性

Brierley and Fryirs (2000)指出溪流斷面由 V 型轉變為 U 型之位置約在坡度介於 2 到 4%之間，表示當坡度大於 4%其河谷型態偏向 V 型窄深。濁水溪 2 級河之河段平均坡度下限為 5%，即大部分 2 級河河段平均坡度大於 5%，可將 1、2 級河視為野溪，而 3 級河則為由野溪轉變至河川間的轉變區段。

### (三) 堤防、護岸區段

通常堤防建築於發生洪水災害的河段，而下游段多為洪水災害，多為水的問題，故水砂混合共同治理區段可先排除有建築堤防護岸較單純的洪水段。

### (四) 兩岸支流土砂直接匯入主河道

入匯的支流若多為 1、2 級河勢必具有野溪坡度陡、長度短等有助於土砂運輸至主河道的特性，而入匯支流若多為 4、5 級河則較無野溪運送土砂優勢且 4、5 級河有較大集水區的空間可使土砂停留及較多處理土砂的時間，故可將兩岸大多入匯河不是 1、2 級河的河段去除。

### (五) 計算共同治理區段集水區進入主河道的土砂量

由 104 年衛星判識全島崩塌地圖層取得崩塌地面積，而平均崩塌深度是以濁水溪中 44 個案例的崩塌地坡度及崩塌深度來計算，以集水區崩塌土砂量乘上泥砂遞移率(SDR)得到集水區崩塌地匯入河道之土砂量，泥砂遞移率(SDR)是以陳樹群(1999)提出的  $SDR=165.67 \times A^{-0.24}$  進行估算，兩段共同治理區段分別為陳有蘭溪集水區入到河道的總土砂量為  $1371 \times 104m^3$ ，而清水溪則為  $458 \times 104m^3$ 。巨額土砂以 Davies, T.R.H., and Korup, O.(2007)所使用的試區年土砂產量  $4 \sim 19 \times 103m^3/km^2$  為依據，故代表該二河段易受到土砂量之影響，的確有劃為共同治理區段之需要。

### (六) 水庫、壩堰

另外,透過構造物位於主河道、清淤難易程度及庫容量多寡的條件來判斷是否劃為共同治理區段。綜合上述條件,最終所判別出濁水溪流域共同治理區段範圍如圖 1 所示。



圖 1 濁水溪流域共同治理區段

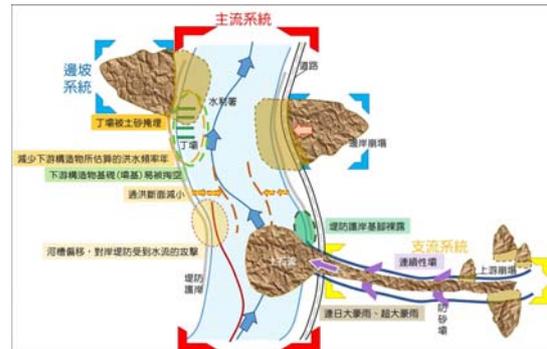


圖 2 泥砂入匯主河道及其產生之影響示意圖

### 三、研究成果與討論

由本研究之核心理念「水砂不可分割應協調治理」出發,透過不同的條件來判釋共同治理區段並以河川整體作為考量來進行治理,如主支流交匯的泥砂問題、上下游的人為疏濬、主支流系統的相互作用等,這些影響河道中土砂平衡的因子大可分為自然因子及人為因子,自然因子約為主河道旁邊坡崩塌、土石流、主支流匯流口三項,人為因子則為疏濬。進一步再將影響河道中土砂平衡的來源分為兩種分別是邊岸崩塌及土石流,二者皆是增加河道中的土砂量,使河岸凹凸岸產生變化、構造物受掩埋破壞或道路受掩埋沖毀,亦或是沖積扇擠壓主流流路使得水流偏移進而攻擊邊坡護岸,河床面淤高進而通洪斷面縮小,流路受到束縮而溢淹;若是河道中土砂量過少時,則可能使主深槽向下刷深、構造物基腳受沖刷進而裸露、損壞,如圖 2 所示。因此,由上述可發現整個河流在空間上是相互連結不可分割,雖然在行政方面需要權責歸屬的分工,可將主河道視為主流系統,野溪為支流系統,而邊坡崩塌則是邊坡系統,看似可獨立的系統但因地理空間的連結,各系統間會相互牽連、影響即開放系統,如圖 3 所示,故正是需設立共同治理區段的原因,各單位應相互配合,於共同治理區中可嘗試下列方式來合作,水保局可提供邊坡崩塌、野溪、土石流的泥砂資料,水利署可依資料來評估河道土砂量、主深槽的位置或是堤防護岸洪水頻率年的設計等,而公路總局可作為設計橋梁、明隧道的參考。各單位應一同討論並且相互搭配,可使河道整體的土砂運移、施作構造物的強度、災害發生的機率等得到較佳的控制及處理,未來可以漸漸朝向以整體河相營造的方式來進行河川的整治。

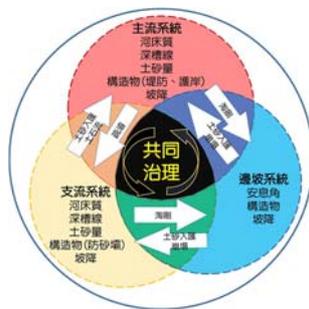


圖 3 系統內外部機制平衡及共同治理之概念圖

### 四、結論

本研究所提出之共同治理區其核心理念為「水砂不可分割應協調治理」,透過河川型態及河川幾何特性判別出共同治理區段,共同治理區應由各單位相輔相成、發揮所長,達到治理分工與土砂平衡的願景,未來朝向以整體河相營造來進行河川的整治。

# 利用生物礦化工法進行邊坡淺層土壤滑動防治可行性探討(1)

國立中興大學陳豪吉教授

## 一、前言

近年隨著全球氣候變遷及地質不穩定時期之到來，如 2004 年南亞大海嘯、2011 年日本 311 地震等巨型災害於地球每一角落頻頻發生。為因應此惡劣自然條件，提出有效解決方法，為學界積極參與刻不容緩之嚴肅課題。近年來材料科學領域所提出以自然微生物工程達土體安定化之技術，此工法利用微生物誘導碳酸鈣結晶(microbial induce calcium carbonate participation)，一般簡稱為 MICP 工法，即為本研究擬探討及採用之邊坡土壤滑動防治工法。

## 二、研究方法

本計畫首先蒐集文獻資料以充分了解 MICP 工法在土砂中生物固結之機理，及目前國外發展情形及相關實施案例，並評估 MICP 工法應用在固結土壤之可行性。首先在試驗室內以標準管柱試驗確認管柱中之 MICP 反應，及了解 MICP 對土體之強化效果，並初步評估 MICP 應用於土壤滑動防治之可行性。本年度實驗結果，將可做為後續 MICP 現地實施過程相關參數設定之依據。

### (一) 砂土管柱 MICP 實驗

#### 1. 菌株培養

本實驗目的係探討細菌在碳酸鈣結晶作用之效能，本研究採用 *Bacillus pasteurii* 菌進行試驗，首先進行菌株培養，培養基每公升含 1 g 氯化銨、3 磷酸鉀、6 g 磷酸鈉、5 g 氯化鈉、1 毫莫爾硫酸鎂及 0.1 毫莫爾氯化鈣，並將 PH 值控制在 7，在好養環境下儲存在 4°C 進行 48 小時培養。

#### 2. 砂柱裝置

砂柱採用自行製作之玻璃管，高度 22cm、內徑 7cm。考量砂柱管若為水平設置時，在非壓力流條件下，可能導致滲流線集中於管內下半部，造成礦化不均勻現象，故本實驗砂柱管採直立方式設置。砂柱管兩端均填置濾層，使得滴灌液體可以均勻地散布在試體中。管柱中填充標準砂，在填注過程中予以適當壓密，以避免過大之氣室產生，孔隙含量控制在 36% 左右(約 300ml)。另採用滴灌設備連置於砂柱管上方，作為灌注實驗溶液之用，固定滴灌流量為 0.2l/hr。

#### 3. 砂柱滲流實驗

整體實驗步驟與反應時間，經整理成表，如表 1。

表 1 MICP 砂柱實驗步驟

| Phase   | Description                 |                     | Duration (h) | Effluent Flow rate (L/h)                             | Details                         |
|---|-----------------------------|---------------------|--------------|--|---------------------------------|
| Rinse   | Water flush                 |                     | 3            | 0.2  | Tap water                       |
| Immobilization of bacteria by two-phase injection | Bacterial injection         | <i>S. pasteurii</i> | 1.5          | 0.2  | OD <sub>600</sub> : 4.1         |
|   | CaCl <sub>2</sub> injection | CaCl <sub>2</sub>   | 1.5          | 0.2  | 0.05M CaCl <sub>2</sub>         |
| Cementation                                       | Reaction fluid injection    |                     | 24           | No flow for 24 h- after 24 h, with 0.2 L/h flow rate | 1.1M Urea and CaCl <sub>2</sub> |

### (二) 土壤 MICP 實驗

#### 1. 土壤 MICP 實驗抗壓試體準備

抗壓試驗採用標準砂及土壤之重模試體，直徑 7cm、高 7cm 之圓形柱體。將試驗管線配置完畢後，即令各相對密度所對應之砂或土壤重填入模具中。

#### 2. 土壤 MICP 實驗抗壓試驗步驟

試體製作完成後即可開始製造 MICP 之環境，先將純菌液單獨流入試體中使其飽和並靜置 1 小時，1 小時後接續將硝酸鈣溶液單獨流入試體，使其飽合且靜置 1 小時，完成此兩種溶液單獨飽合，

即可將混合菌液和硝酸鈣溶液分別從模具下方灌入試體內，本實驗設計灌入之混合溶液在試體內浸泡一天，排乾一天，為避免溶液混合不均，每 12 小時更換流入孔，直至指定抗壓齡期前二日停止滴灌作業，將試體取出後靜置至指定齡期進行抗壓試驗。

### 三、研究成果與討論

#### (一) 砂土管柱 MICP 實驗

##### 1. 電子顯微鏡 SEM 之觀測結果

由 MICP 所生成之  $\text{CaCO}_3$ ，經 SEM 觀察晶形如圖 1 所示，首先在圖 1(a)可以發現，砂柱頂端之標準砂粒表面有累積粒徑約為  $100\mu\text{m}$  菱形方解石，在砂柱中間部分亦有不規則且無稜角粒徑約為  $10\mu\text{m}$  之  $\text{CaCO}_3$  結晶如圖 1(b)，基本上整個砂柱之  $\text{CaCO}_3$  結晶有隨著砂柱之深度增加而減少之趨勢(如圖 1(c)、圖 1(d)所示)，其可能原因為砂柱下端為管線末端，其 MICP 反應沒有砂柱中間或上端顯著之故。

##### 2. XRD 試驗之觀測結果

圖 2 為 MICP 反應後所得產物  $\text{CaCO}_3$  之 XRD 圖。由圖可知，*Bacillus pasteurii* 菌所得  $\text{CaCO}_3$  中，主要為方解石(Calcite，圖中代號 C 所示)，此外，亦有少量霏石(Veterite，圖中代號 V 所示)和極少量之文石(Algonite，圖中代號 A 所示)。由上述 XRD 試驗之觀測結果再次證明了 MICP 確實在砂柱中是有作用的。

#### (二) 土壤 MICP 實驗

土壤抗壓試驗之重模試體經 MICP 作用 7、14 及 28 天後之抗壓試驗結果如圖 3 所示，由圖中可以觀察到有 MICP 作用之組別其強度值大幅提升，隨著 MICP 施作天數增加，其抗壓強度值亦隨之增加，在 28 天養護後，其抗壓強度值可高達  $250\text{kPa}$ 。此結果顯現以 MICP 工法應用於強化土壤結構，確實有預期之固化效果。

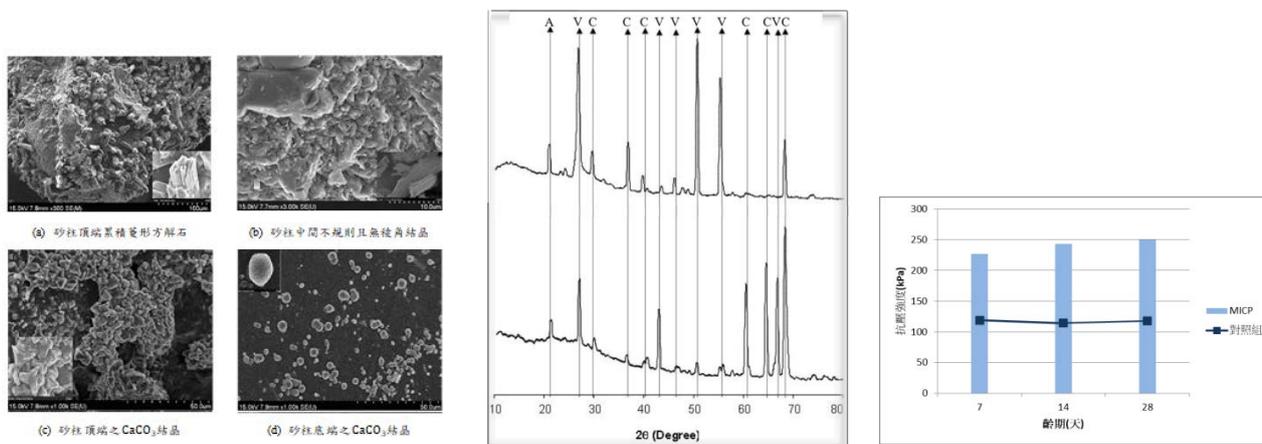


圖 1 SEM 觀察結果

圖 2 XRD 試驗結果

圖 3 抗壓試驗結果

### 四、結論

經過文獻收集與分析以及實驗結果之證明，本研究歸納結論如下：

- (一) 在標準管柱條件下 MICP 反應過程中之實驗發現，*Bacillus pasteurii* 菌確實對於鈣離子轉換具有相當效率，並成功生成碳酸鈣晶體，故可初步判釋 MICP 在土壤中確實能進行礦化反應，並經微觀試驗證明，確實可於砂土顆粒之間長成碳酸鈣晶體進行填塞作用。
- (二) 標準砂及土壤抗壓試驗重模試體經 MICP 作用後，無凝聚力之標準砂試體可以被固結成具有直立性之小圓柱，試驗結果顯示標準砂試體抗壓強度值可由鬆散砂之零強度強化提升到 3 至  $12\text{kPa}$  左右。土壤重模試體之強度更可提升至  $250\text{kPa}$  左右。

# 以崩塌面積與頻率關係推估集水區土砂生產量之研究

國立嘉義大學 陳建元教授

## 一、前言

台灣總面積約為三萬六千平方公里，山坡地佔總面積 73.81%，約為台灣的三分之二，造成需要大量的開發坡地等問題。近年來全球氣候異常，各地災害頻傳，而過度的開發坡地使台灣的邊坡災害頻繁，危害人民生命財產安全，所以山坡地的使用及保護為重要課題之一。本研究評估崩塌面積與崩塌體積之關係與其特性，再分析崩塌體積與發生之頻率關係，藉由崩塌面積與崩塌土層厚度可以用來估計其崩塌體積，並以石門水庫集水區作為研究區域，利用數值高程取得其崩塌面積與崩塌體積，再對其關係進行分析。

## 二、研究方法

本計畫以崩塌面積-頻率關係曲線推估集水區境內崩塌土方量模式建立，利用 GIS 空間分析與 LiDAR 產製數值高程 DEM 結合坡度與可移動土層厚度及崩塌面積-體積關係建立，以崩塌面積-頻率關係曲線推估集水區境內不同滑動深度崩塌土方量模式，有別於傳統採單一回歸公式估計模式。並可藉由衛星影像之崩塌面積判釋即可由模式估計崩塌土方量。計畫研究區與範圍如圖 1 所示，本研究所使用之空載雷射掃描製作 5m×5m 數值地形資料包括：

- (1). 水土保持局(2009)，「石門水庫集水區高精度地形量測及地形貌變化歷程之研究」。主要為 2008 年薔蜜颱風造成風災前後之數值地形。
- (2). 水土保持局(2010)，「石門水庫集水區豪雨誘發土砂災害之變化歷程與機制探討」。主要為 2009 年莫拉克颱風造成風災前後之數值地形。
- (3). 水土保持局(2011)，「石門水庫集水區土砂災害歷程分析」。主要為 2010 年梅姬颱風造成風災後之數值地形。
- (4). 水土保持局(2012)，「石門水庫集水區土砂歷程調查及災害評估」。主要為 2011 年南瑪都颱風造成風災後之數值地形。

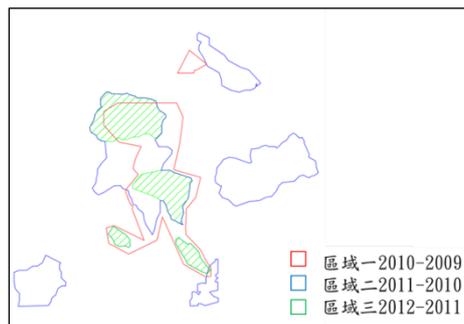


圖 1 研究區域位置圖

崩塌地之判釋係利用 GIS 空間分析功能 Surface Analysis 功能裡的 Cut/Fill 將石門水庫崩塌地不同時期的 DEM 進行套疊，可分析出沖刷區與堆積區。以地形變化區範圍為崩塌地，並取沖刷區之土方量為崩塌地之土方量，再對此地區之崩塌資訊做進一步之分析。上述數值高程精度，因地面型光達精度優於 10 公分，空載光達對比於地面型光達之高程誤差量比對之平均差異量約介於 6 至 50 公分，隨坡度增加而差異越大。考量 LiDAR 製作 DEM 之精度與誤差，本計畫剔除平均崩塌深度小於 10cm，及面積小於 50m<sup>2</sup> 之網格。

## 三、研究成果與討論

本研究利用建立之崩塌頻率與面積之關係式，配合崩塌面積與體積之回歸公式，估計集水區之崩塌面積。在應用上只要利用衛星影像判釋出崩塌地面積即可利用建立公式快速評估崩塌總體積，其計算流程如圖 2 所示。分析結果顯示用單一崩塌面積-體積回歸公式明顯高估崩塌體積，依不同滑動深度之崩塌面積-體積回歸公式僅略高於 DEM 成果，若採崩塌頻率-面積關係式依面積採不同滑動深度計算僅略低估。計畫所建立關係式與國內估計公式比較如圖 3 所示。針對石門水庫集水區崩塌土砂量之建議估計公式如下：

$$V_L = 0.13A_L^{1.3} \quad (\text{全區}, A_L < 10^5 \text{ m}^2)$$

$$V_L = 3.0A_L^{1.0} \quad (\text{深度} > 2 \text{ m}, A_L < 10^5 \text{ m}^2)$$

若為大規模崩塌(面積超過 10 公頃)，則建議可採下式估計：

$$V_L = 551.8A_L^{0.81} \quad (A_L > 10^5 \text{ m}^2)$$

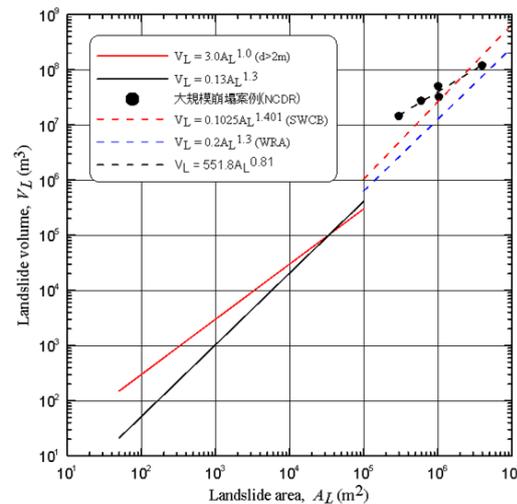
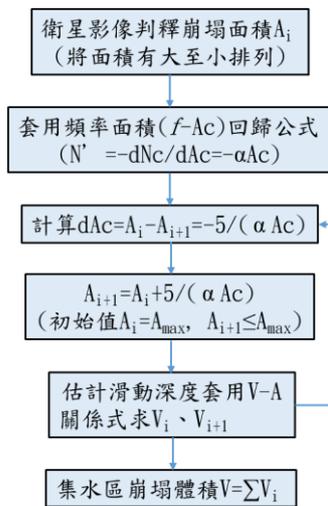


圖 2 崩塌面積-頻率關係推估崩塌體積流程圖 圖 3 崩塌面積與體積關係式與國內估計公式比較

#### 四、結論

本研究利用颱風發生後的崩塌資料，針對石門水庫集水區應用地理資訊系統(GIS)，進行分析討論，根據研究成果，茲歸納數點結論，供應用時之參考。

(1) 本研究針對石門水庫集水區 DEM 進行分析其崩塌地高程變化，統計結果顯示前 10% 的崩塌體積分別佔各案例總崩塌體積的 78.1%、80.5%、78.5%，前 20% 的大崩塌體積佔總崩塌體積之 87.0%、88.3%、86.8%，顯示大型的崩塌事件會影響集水區境內崩塌體積的估計結果，小型的崩塌事件數量雖佔大部份，但總體積卻不到總崩塌體積的 15%，對總崩塌體積之估計影響甚小。

(2) 本研究結果若採單一回歸之崩塌面積與體積關係線在崩塌體積估計上會明顯高估實際值，若改採依不同滑動之回歸線公式則結果較準確且誤差在可接受範圍內，滑動深度小於 0.5m 之崩塌地在崩塌體積估計上有較大差異。

(3) 利用崩塌面積-體積關係式估計土方量時，區分深層崩塌、淺層崩塌、面積小於 1,000m<sup>2</sup> 與大於 1,000m<sup>2</sup> 的淺層崩塌回歸公式之相關係數(r<sup>2</sup>)皆較未區分時提高估計準確度，且深層崩塌之回歸公式之 r<sup>2</sup> 皆高於 0.9，可大幅提高深層崩塌體積估計之準確度。

(4) 崩塌地有自我相似的特性，崩塌地的長、寬和深度相互成正比，當崩塌呈現完整的自我相似的特性時，崩塌體積與其面積的 1.5 次方成正比。本研究結果三個案例之崩塌體積與面積回歸方程式之次方分別為 1.23、1.33 及 1.29 次方，顯示大部分崩塌地不完全具自相似性。但滑動深度超過 0.5m 之崩塌體積與面積回歸方程式之次方皆接近 1.0，顯示淺層崩塌面積較深層崩塌面積具自相似性。

# 地震引致崩塌之坡地易損性曲線建立—以 921 地震為例

逢甲大學 謝孟勳助理教授

## 一、前言

台灣位處於環太平洋地震帶上，經常性的地殼變動造成土質鬆軟且不穩定，若再遭受颱風、豪雨的侵襲，極易引起土石流、崩塌等坡地災害的發生，其中又以地震直接引致之坡地崩塌最難預測及評估。突顯現今科學仍不可預測的地震所造成的崩塌災害，未來恐對位處菲律賓板塊和太平洋板塊交接處的臺灣，造成嚴重的坡地災害威脅。本研究目的，即基於 1999 年 921 大地震時期之崩塌資料 ( $M_w=7.6$ )，利用統計分析方法來發展坡地易損性曲線 (LFC, Landslide Fragility Curves)。針對地震引致坡地崩塌的問題，利用地理資訊資料、衛星影像資料分析其環境因子 (潛因) 與致災因子 (誘因)，建立研究區環境資料庫與 921 地震崩塌資料庫，再以本研究提出的坡地易損性分析方法，建立以尖峰地表加速度 (PGA, Peak Ground Acceleration) 為致災誘因的易損性曲線。研究中考量的環境因子包括地質、坡度、坡向、順向坡、距斷層遠近等，根據這些因子建立 12 類坡地類型，分析各坡地類型在 PGA 影響下之易崩特性。

## 二、研究方法

為表達致災因子對於崩塌發生的機率，坡地易損性曲線需要假設事件的機率密度函數 (PDF, Probability Density Function)。既有之易損性分析於機率密度函數上常見可採用常態分布、對數常態分布或 Beta 分布。基於自然災害發生之分佈模式，通常選用對數常態分布來表達自然崩塌發生的地理空間頻率，以建立致災誘因  $x$  對崩塌發生的分配函數  $F(x)$  數學方程式。對數常態分布是由中位數及標準差決定，稱為雙估計參數。坡地易損性曲線即為機率密度函數所得的累積機率分布函數 (CDF, Cumulative Distribution Function)。對數常態累積分布函數解析式如式(1)所示：

$$F(x; c, \zeta) = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[ \frac{\ln(x/c)}{\zeta \sqrt{2}} \right] \quad (1)$$

其中， $\operatorname{erf}$  為高斯誤差函數。當其決定後，即可藉由累積分布函數繪製某類坡地的易損性曲線。

研究區選擇誘發斷層車籠埔斷層鄰近範圍的烏溪集水區，由大里、北港、烏溪、貓羅溪、南港溪、水里溪等六個子集水區所組成，集水區面積 658.34 平方公里。易損性分析前，須先針對 921 地震測站資料、衛星影像、地文環境等資料進行蒐集，利用 921 地震測站資料進行 PGA 分布推估、利用衛星影像進行崩塌地判識、利用 5m-DEM 進行坡面單元、地形條件等分析。對於建置之 921 崩塌資料庫，尚須以土地利用篩除非自然邊坡，最終得到可靠之 921 地震崩塌致災資料。並以崩塌致災資料考量致災潛因進行坡地分類、坡地易損性分析以及建立坡地易損性曲線。

## 三、研究成果與討論

本研究依據地質、坡向和坡度等因子作為坡地分類的依據，共計 12 種類型地。研究成果坡向因子比較如圖 1 所示，坡度因子比較如圖 2 所示。在地質因子方面，G1(Site B) 的易損性曲線較易崩塌，G2(Site C) 則是較為平緩的提升。在坡度因子方面，依據水保術規範分為三類坡度 S1(三~四級坡)、S2(五級坡)和 S3(六~七級坡)，G2 類隨著坡度越大，坡地易損性越高，也就表示越易崩塌。這個現象在 A1(弱面向) 更明顯，中高震度相差可達 10% 以上，但隨震度提高崩塌機率並無擴大的現象。A2(強面向) 中的陡坡和中坡則差異較低，大約 5% 左右。在坡向因子方面，本研究所定義坡向的強、弱面向，在低震度的情況下差異並不大，在中高震度的下，坡向因子的差異約在 5~10% 間，隨著震度越高差異越大。

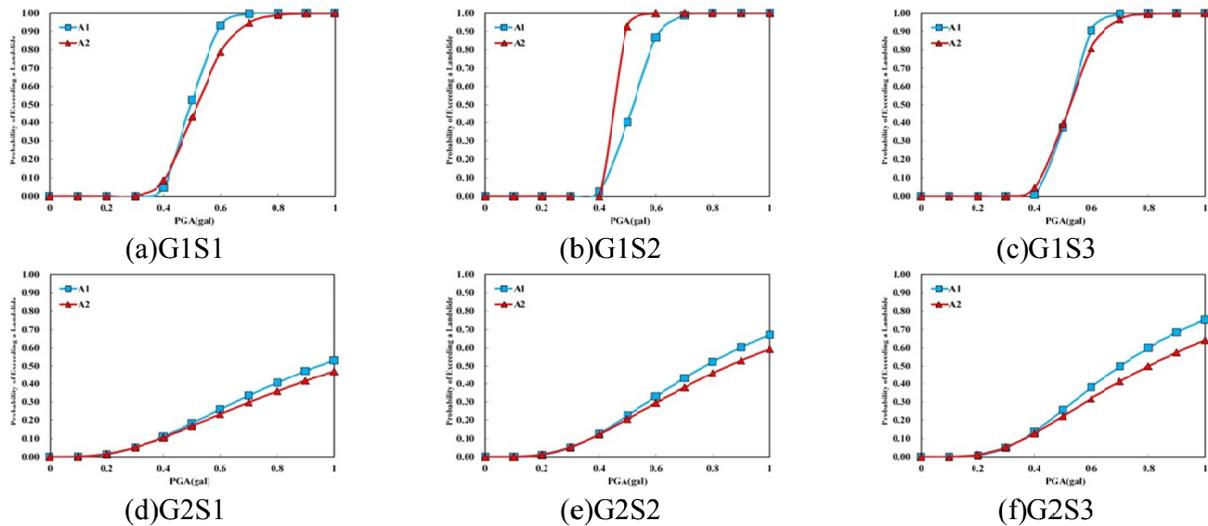


圖 1 各類別坡向因子之易損性曲線比較

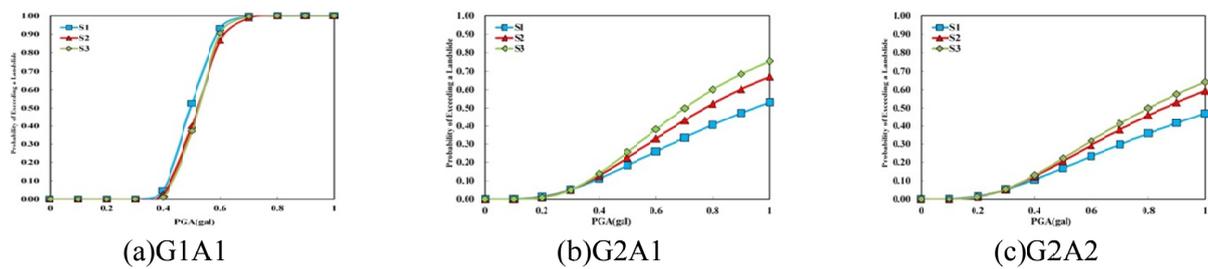


圖 2 各類別坡度因子之易損性曲線比較

#### 四、結論

經由易損性分析模式，可考慮 PGA 大小對應在坡地易損性曲線求取崩塌機率，可合理表達坡地受地震後的易崩特性。如表 1 所示，經由 921 地震資料進行坡地崩塌程度驗證，驗證成功率達 87.88%，已可作為震後崩塌評估的參考。研究成果有助於臺灣山坡地集水區之地震對於崩塌災害潛勢之量化評估，可作為震後崩塌早期評估的基礎資料，以及地震崩塌減災策略的依據。

表 1 各子集水區之崩塌危險程度評估與驗證

| 子集水區 | 真實危險程度 | 評估危險程度 | 驗證 | 子集水區  | 真實危險程度 | 評估危險程度 | 驗證 |
|------|--------|--------|----|-------|--------|--------|----|
| 山茶鍋坑 | 中高     | 高以上    | 正確 | 水長流溪  | 中      | 中以上    | 正確 |
| 內城   | 中高     | 中高以上   | 正確 | 北山坑   | 中      | 中以上    | 正確 |
| 北坑溪  | 中高     | 中高以上   | 正確 | 北港溪   | 中      | 中高以上   | 正確 |
| 石門   | 中高     | 高以上    | 正確 | 東勢閣坑  | 中      | 中高以上   | 正確 |
| 草魚潭  | 中高     | 中高以上   | 正確 | 金子坑   | 中      | 中高以上   | 正確 |
| 乾溪   | 中高     | 高以上    | 正確 | 阿冷坑   | 中      | 高以上    | 正確 |
| 粗坑溪  | 中高     | 中以上    | 失敗 | 後寮溪   | 中      | 中以上    | 正確 |
| 種瓜坑溪 | 中高     | 中高以上   | 正確 | 炭寮    | 中      | 中以上    | 正確 |
| 樟平溪  | 中高     | 中高以上   | 正確 | 韭菜湖溪  | 中      | 中以上    | 正確 |
| 大冷坑  | 高      | 中高以上   | 失敗 | 食水坑   | 中      | 高以上    | 正確 |
| 火燒坑寮 | 高      | 中高以上   | 失敗 | 草湖溪   | 中      | 高以上    | 正確 |
| 仙洞指坑 | 高      | 高以上    | 正確 | 梅子林   | 中      | 中以上    | 正確 |
| 柑子林  | 高      | 中高以上   | 失敗 | 猴洞坑   | 中      | 中以上    | 正確 |
| 三隻寮  | 中      | 中以上    | 正確 | 象鼻坑   | 中      | 高以上    | 正確 |
| 土地公坑 | 中      | 中高以上   | 正確 | 福山巷   | 中      | 中以上    | 正確 |
| 大觀   | 中      | 中高以上   | 正確 | 頭汴坑溪  | 中      | 中以上    | 正確 |
| 五棚坑  | 中      | 中以上    | 正確 | 驗證成功率 |        | 87.88% |    |

# 里山保育-生態守護與環境教育計畫

社團法人台灣環境資訊協會 孫秀如 副秘書長

## 一、前言

鹿寮坑位於新竹縣芎林鄉，是一個傳統的客家村，台灣環境資訊協會，以下簡稱環資，在鹿寮坑長期進行生態紀錄，並帶著志工們走入社區，協助棲地的維護與友善農耕推廣，在居民的支持下，將果園無償提供本會使用，進行友善環境農耕示範園區。我們想以行動來實踐友善生態的觀念，並許下承諾，讓鹿寮坑成為野生動物安心的家。

期許恢復土地生機並活化在地產業，環資與社區合作，以健康的土地栽種食物，創造農村社區「生活、生產、生態」的三生的三贏局面。我們自製改良土進行果園的土壤改良，逐漸恢復土壤的生命力；並以友善環境方式耕作，創造社區與山林生態共存的生活典範。經過三年的合作，促使華龍村鹿寮坑「鹿寮坑土地守護計畫」逐漸成形。計畫結合居民居住、農耕行為、天然的自然環境等，友善農耕成為必備的功課。與其聽，不如親自去做；透過實作，不僅能找出問題，也能從中記錄社區步步邁向友善農耕歷程。

## 二、研究方法

里山倡議的核心概念是「社會-生態-生產地景」。自然資源在生態系統的承載力和回復力的限度下，得以循環使用，當地傳統文化的價值和重要性也獲得認可，有助於在維持糧食生產、改善民生經濟和保護生態系統等三者之間取得最佳平衡。其中包含五個關鍵觀點(5 key perspectives)：(一)在環境承載量與環境恢復能力限度內使用資源；(二)循環使用自然資源；(三)認可在地傳統與文化的價值與重要性；(四)透過多方參與及合作夥伴管理自然資源；(五)對在地社會的經濟做出貢獻。而本計畫著重在(四)與(五)，為達成上述目標擬定五個策略：

1. 友善農耕守護土地行動
2. 建置里山生態資料庫
3. 志工走入社區 x 行動支持
4. 解說里山生態
5. 里山保育講座

## 三、研究成果與討論

### (一)友善農耕守護土地行動

在農業上，作物在自然中汲取養分的最重要兩大元素就是碳與氮。碳是構成生物的基本元素，以有機體或無機體形式存在於生物圈中，反覆進行著有機化無機化，物質變換，不斷循環。植物經由光合作用吸收碳，生長了根莖葉，落葉枯枝落入土壤，經由微生物分解或土壤中的化學作用，再度變回甲烷或二氧化碳回歸大自然。改良土壤構造與原理有三個重點分別是土壤成分、有機物無機物、碳氮循環。在鹿寮坑這裡的堆肥製作，採取植物堆肥製作方式，在大量的木屑與稻殼，同時加入了貝殼粉、米麩、酒粕、竹粉等天然資材。環資透過實際操作，將荒廢的果園重新經營並以友善農耕之方式耕作，不使用化肥、除草劑、農藥。以此示範果園與更多不同團體進行交流，並將友善農耕之過程拍攝成影片記錄，期望未來能傳達給

更多的人。

## (二)建置里山生態資料庫

在資料的建置上，新增了 22 種生態文章，並同步分享於網站與社群臉書上，網站瀏覽率超過 1 萬人次閱覽。透過生態資料的觀察與紀錄，我們以此為基礎，透過生態導覽、里山保育講座之方式，分享給不同之民眾，以達資源最大化的有效利用。

## (三)志工走入社區 x 行動支持

志工行動之用意，是為了協助友善環境耕作推廣，並補充農村不足之人力，志工除了參與勞動工作，用自己的汗水澆灌土地，藉由工作來服務社會，並且得到休閒放鬆的休假功能從中認識社區文化及特色，透過自己的雙手幫助在地人文環境，包括生態保育、協助社區維護以及友善農耕之行動。

## (四)解說里山生態

透過舉辦在地里山生態導覽吸引人們親身走入，在林間認識低海拔豐美。透過了解，引導人們開始思考同處低海拔，自己生活的社區、週遭的環境，能否有對生態更加友善的可能。每月固定舉辦兩次生態導覽，共辦理 19 梯免費生態導覽，獲得參訪者回饋好評，目前參與人次達 390 人。

## (五)里山保育講座

規劃「里山保育」系列講座，讓民眾重新認識土地的價值，了解土地的功用並非僅於經濟生產，還包含了保育、生態、情感、教育、文化記憶及美感等功能。共舉辦 9 場講座，參與講座達 242 人次。此外並於其中一場開放直播，達 344 人次觀看。

## 四、結論

里山倡議的核心概念是「社會-生態-生產地景」，其訴求目標主要就是自然資源得以永續循環利用，並讓在地文化與價值獲得肯定，並改善民生經濟及保護生態系統之間達到平衡。友善農耕之推動逐漸擴展，今年度開始有新聞媒體之採訪，10 月台視《尋找台灣感動力》採訪、11 月輔大生命力新聞採訪、並受靈鷲山佛教團有緣人雜誌邀稿分享友善農耕之經驗。未來可將果園經驗與更多不同團體進行交流，並結合在地資源與周邊學校，發展適合之環境教案，讓學校學生與老師能參與其中，共同努力。

新竹縣芎林鄉華龍村鹿寮坑為海梨柑之鄉，社區種植大部分以海梨柑為主，而作物收成之季節為每年年底至年初二月，農耕之辛苦是影響農民耕作方式之主要原因，因此我們透過不同的交流與認識，以期望發展更多二級加工品，增加農民之經濟收入。目前合作洽談上，有網路電銷 superbuy 經由網路販售行銷，保價收購有機農民耕作之海梨柑，並與慕宇生技公司洽談加工品之合作，期望未來能發展海梨柑啤酒、海梨柑果醬；此外，目前也與 1982 de glacée 法式冰淇淋洽談合作，預計將今年收成之海梨柑嘗試作成冰淇淋。我們找尋針對無毒農產品有合作理念之夥伴，未來將此經驗分享給更多有意願加入的農民，以改善民生之經濟。而在進行環境教育上，會更著重於參訪者是回饋，紀錄並修正環境教育內容，以使活動更加完善並不斷進步。

# 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫

台灣樂活有機農業協會 李鴻圖理事長

## 一、前言

振興部落需復興原住民自然農業，持續的重點則是經濟支持~耕作後的直接收入，穩定的消費者支持將成為關鍵，從生態教育著手「幸福花園生態村」計畫持續推動6年，從五峰跨及尖石，2017年啟動第三階段消費者教育，除了持續原鄉自然農法產地教育與促進耕種，正式邁向食農教育，以開闢藍海創新的思維及做法，針對意見領袖社群推動生態飲食體驗、認知和實踐，拓展行銷以協助突破原鄉部落友善農耕、生物多樣性小農的經濟問題。

我們把這個計畫命名為「生態原鄉農產”產消”服務平台」，”產消”是指農產品和消費者兩者的鏈結，不同於產銷~生產和銷售服務，從人和農產品關係深化著力於消費者教育，以「社群共食」為手段，鎖定台北都會忙碌又具消費能力的菁英意見領袖社群，主動邀約其參加具有原鄉風味的共食活動，透過專業的社會企業集合式專責採購，以部落為主或符合生物多樣性栽種的生態食材原料烹飪成美食，在共餐中，藉由”純屬自然的食力~生態飲食指南”，讓共食者從飲食中了解生態飲食知識，並搭配舉辦兩梯次部落森林旅遊，深入產地深度接觸了解生態，共食烹飪力求原味簡單但美味，容易落實在生活中去實踐，在計畫結束時，並彙整”團圓共食作業手冊”，建立起共食服務平台模式，希望可以成為社區、社團、企業...引用的模板，在各地都能有不定期或定期的生態飲食共食，成為拓展主動的生態農產消費者的一種服務模式。

我們認為，讓原鄉的農作物走入都會人的生活，要比讓都會人走入原鄉體會更具有生活實踐的促進效益，透過整合平台發展「產消系統」，對於原鄉有機農業經濟提升要更為有效，整合都會消費端鏈結農產品並帶動生產端規模，讓農友專心生產，使消費者專業消費，讓生產端產地與消費者之間物流與種種成本，藉由整合服務平台降低，形成產業良性循環系統，突破現有有機農業發展瓶頸的關鍵！

## 二、研究方法

本計畫同時接觸原鄉小農與邀約都會社群，彙整原鄉小農年度可提供的食材，協會設計共食菜色，透過社會企業專業採購農產品，舉辦都會社群共食活動，依社群對象安排定點不定時或是到點不定時的服務，定點服務位於1765館（台北市北投區公館路198號2樓），距離奇岩捷運站600公尺，可容納80人左右的多功能空間；到點服務則視對象指定場域，將料理設備、食材、餐具、手冊、文宣等攜帶至現場辦理。製作「共食作業手冊」完整記載都會社群共食執行具體事項，「純屬自然的食力~生態飲食指南」將共食中體會到的觀念帶著走，分享給親朋好友，實踐於生活之中，鼓勵更多社群參與共食，支持原鄉農產品，透過一社群培養一群小農，數群小農餵養數個社群，創造互利共生的循環經濟，逐漸在全國開枝展葉。

## 三、研究成果與討論

工作項目規劃六項：1.建置生態農產”產消”服務平台&2.建立友善、自然、有機小農群體名錄&3.一起共食&4.舉辦森林旅遊活動&5.共食作業手冊&6.生態飲食指南，執行面以「社群共食為手段」串聯計畫工作主軸，依計畫100%完成各項工作。

社群共食命名為「擁抱生命 團圓共食」，以自然飲食中上一堂生態課和大地母親團圓為訴求，鎖定台北都會忙碌又具消費能力的菁英意見領袖社群，食材採用來自部落和小農有機栽種及友善農耕的農產，內容包括從大地母親養護、採種育苗、栽種、採收、採收後處理、物流配送、儲存、烹飪、加工儲存（乾燥、醃漬、釀造），藉由餐桌菜餚體會和課程分享讓農產和消費者建立美好感情，烹飪力求原味簡單但美味，容易落實帶回生活中去實踐，計畫於5月6號由協會年會正式啟動，執行3個

月時便達成計畫預定目標 300 人次，時至 11 月 18 日，共累計 40 場次，18 個社群，626 人次體驗了「純屬自然」的生態飲食，其中同一社群來次最高者達 8 次。

「純屬自然的食力~生態飲食指南」印製 32 頁 32 開本 500 冊，就「從觀念起、照護地母、自然食材、食力料理、生命長榮」等，送給共食社群及在地居民內容加強學習生態飲食知識，以延長深度效應；2 次部落森林旅遊則深入產地深度接觸，就部落特色作物落蕎及花生兩個主題了解生態、栽種與作物背後成長的故事。

匯集經驗而成「團圓共食作業手冊」，從緣起、前置作業、共食作業、菜色剪輯、循環服務，共收錄 38 頁，爾後內容將持續更新以更加完善，協會希望發揮共食服務平台機能，共食作業手冊可以成為社區、社團、企業...引用的模板，在各地都能有不定期或定期的生態飲食共食，成為拓展主動的生態農產消費者的一種服務模式。

計畫擬定社群目標主動邀約，透過臉書和 Line 傳遞活動訊息，同時運用網路新聞平台廣佈展延活動訊息與影響力，目前為止收集到 10 家媒體報導露出，11 月並獲得大愛電視台來洽「蔬果生活誌」節目報導（刻正拍製中），從各方反應來看，以共食議題開發高消費社群可以說廣泛獲得了肯定。

找到認同「純屬自然」觀念的小農與消費民眾，並且陪伴他們精進與成長，媒合或組織小農社群與消費者社群，生態農產「產消」服務平台協助提供有品質的食農教育、有機農產品或其他相關教育服務，社群間的互動自然而然會連結到更多社群，期盼社群共食的藍海市場，開啟「數群社群扶持小農群體」~社群扶農的潮流，成為培養促進農村再生及水土保持有機農業友善農耕的一股新力量。

培養愛護山林大地擁護農村與水土保持的粉絲社群是持續可努力的方向，未來構想以社群扶農發動「社群有機會」運動。

#### 四、結論

(一) 生態原鄉有機農業促進服務平台-社群共食計畫是創新的試驗計畫，定位於產”消”服務平台，相較傳統農產品運銷通路，較能集中服務目標小農與民眾，降低彼此媒合的成本，本計畫使用相關資源創造體驗場域，台北市北投區一起樂活館與五峰鄉花園村各自扮演獨特的生態飲食體驗之旅，以共食為「教育」方法之一，一方面培育小農有機、友善或自然耕作觀念與知識，另一方面教育民眾認識有機農產品的價值所在，提供「生態飲食指南」分享純屬自然的產地到餐桌，教育民眾奉養地母的理念，在實際體驗中感受自然食力的力量；提供「團圓共食作業手冊」讓有興趣的社群團體參考使用，鼓勵共同發展愛護水土保持的創新平台。

(二) 共食屬於食農教育創新手段，公益教育機能為主，新竹五峰花園生態村計畫能持續多年，應乃得力於李鴻圖理事長多年產業通路經驗，借助旗下無我(社會)企業之營運專業及人力以及協會資源及許多無償志工支援，去年政府資源挹注，使計畫得以銜接第三階段~開始整合消費端~產”消”服務平台得以開啟。

(三) 2017 年新創啟動期，所幸獲得水保局計畫支持，推出團圓共食活動，以 680 元/每人訂價，致力推廣時，為了吸引社群，價格策略以「一人繳費兩人同享」進行，消費端參與人次超乎預期熱絡，計畫目標一一達成，成效初具，未來仍需持續努力經營各類社群，達成「社群扶農」目的，為原鄉少量多樣的「精品」食材開闢一藍海市場，為部落農耕開闢一條持續經營的出路也守護山林開闢另一條路。

(四) 思考未來，以商業模式自給自足永續經營運作是努力的方向，需要配套多方措施，2017 年整個計畫人力和食材兩大成本佔比分居一二位，估計專案自給自足損益平衡點為 200 萬營收，以 680 元/人定價，3,000 人次是基本，而若固定相關專業人力投入，營運成本極高，的確需要精密計算成本，強化營運模式。

# 以智慧資訊網絡強化社區自主防災之研究

財團法人成大研究發展基金會 李鎮鍵 副研究員

## 一、前言

臺灣為天然災害風險較高的區域，政府積極從事治理工程的同時，也設置並維運水患自主防災社區，提高民眾的防災意識及應變能力，以降低災害衝擊。而近年來隨著 3C 產品的廣泛使用，在民生、各種經濟產業及社交往來都有很大的進展，本計畫即從這個角度規劃，期能利用「智慧資訊網絡」來強化社區自主防災，及時提供社區需要的資訊，以利預防性疏散撤離等應變工作之執行。

本計畫的目標藉由訪談了解社區居民資訊需求及取得方式習慣，並蒐集現有應用的設備技術，研擬資訊快速傳遞及共享機制，引導居民採取避災、防災、減災及離災之行動。

## 二、研究方法

本計畫之目的不在於發展新的監測或傳播技術，而是檢討目前資訊提供的項目、來源及方式，藉由深入的焦點訪談，嘗試回答以下幾個問題，並研提強化對策，包括既有資訊網絡是否足以提供社區防災的需求？資訊網絡可以在哪些方面強化社區自主防災？(三)如何運用資訊網絡強化社區自主防災？

圖 1 所示為本計畫研究構想。

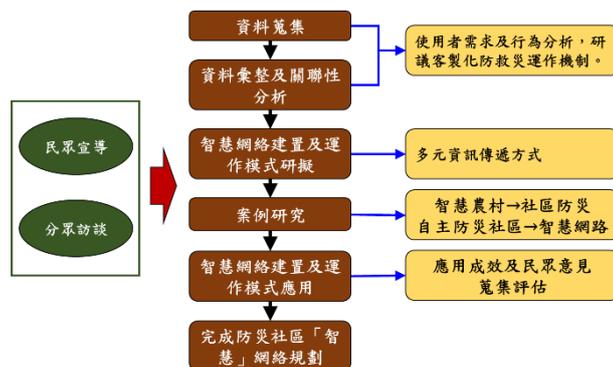


圖 1 研究構想示意圖

## 三、研究成果與討論

### (一)社區訪談

#### 1.里（村）長訪談

本研究訪談臺南市、屏東縣、嘉義縣及高雄市土石流防災社區共 19 位村、里長，為能了解社區在颱風豪雨期間關切的訊息，以及接收、傳遞訊息的方式。受訪的幾位里（村）長主要從水保局及區（鄉）公所得警訊，而接收的方式則主要是電話、簡訊或社羣 APP (LINE)，廣播及電話是目前最普遍使用傳達給社區居民的方式。

#### 2.社區居民訪談

本研究試著藉由居民訪談了解兩個問題，一是颱風豪雨時如何得到警戒訊息，另外則是用什麼方式提供警戒訊息對他們來說是最方便的。訪談結果顯示，絕大部分的人從電視得到警戒訊息，或者聽到村、里長的廣播通知，同時他們也認為用廣播、電話，甚至當面通知是最好的。即使使用智慧型手機，但使用者也沒有把手機的功能運用在社區防災及警戒資訊取得。

### (二)資訊需求

一個颱風豪雨過程中不同階段有不同的資訊需求項目：災前需要知道天氣預報及警戒範圍，災中掌握現地情況及後續可能的發展，災後則是維生管線及道路訊息。一般民眾最直接相關的訊息就是疏

散撤離指示，本身是否處於災害潛勢區內，以及未來的災害預警。這些訊息有助於疏散撤離之執行。

### (三)警戒訊息傳達

警戒及疏散撤離訊息的傳達途徑如圖 2(a) 所示。雨量、道路、土石流潛勢溪流現況及鄰近村里的情形等訊息，可不斷更新後，提供給社區民眾參考，其傳播方式如圖 2(b) 所示，

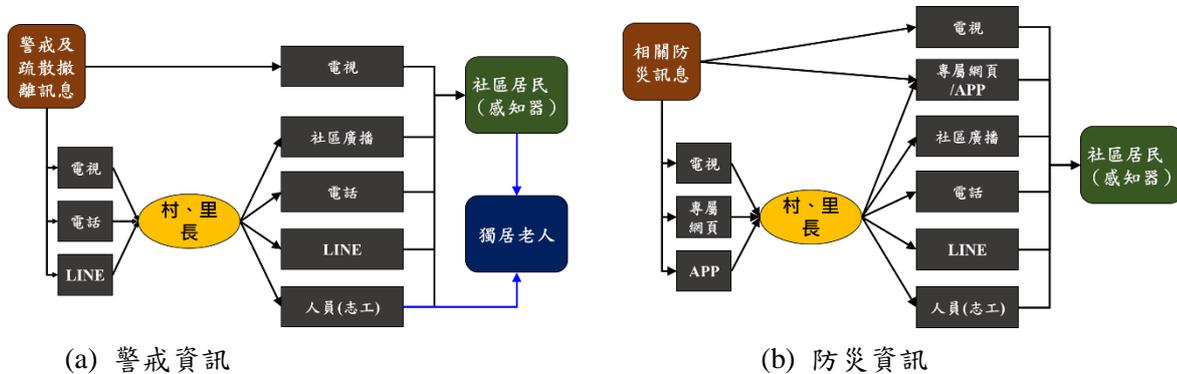


圖 2 社區防災警戒資訊傳達示意圖

### (三)強化社區智慧資訊網絡

為要能將防災訊息更快、更有效地傳達給更多的人，需要運用各種可行的傳播媒體，使資訊傳播網絡更有智慧，包括「災防告警細胞廣播訊息系統」擴展，應用 BEACON 建置資訊網，運用警報器及無線電廣播，提升資訊網絡的耐災性。

(四)其他配合措施包括：加入人為節點、易致災點位監測、建立回報機制、強化村里長吸收資訊及分析判斷的能力、以及強化社區防災組織的功能等。

## 四、結論

本研究獲致的成果可歸納如下：

- (一)對於一般民眾來說，最直接相關的訊息就是疏散撤離指示，其本身是否處於災害潛勢區內，以及未來的災害預警。
- (二)水土保持局這些年來的努力以各種技術取得大量現地監測資料，進行分析，民眾在颱風豪雨期間除可由個人電腦查詢到重要的現地及警戒資訊。然而由訪談結果顯示，村、里長的警戒資訊仍是由水土保持局或鄉、區公所的簡訊、電話或 LINE 的通知而得，電視仍是土石流防災社區內居民主要的資訊取得媒介，而廣播及口耳相傳是社區居民，尤其對較年長者認為較習慣的訊息通知方式。
- (三)許多土石流防災社區地處山區或較偏遠地區，有網路訊號品質較差，在颱風豪雨容易中斷的問題，造成資訊取得及通訊的困難，亟需提升通訊品質。

針對研究的成果，對於未來以智慧資訊網絡提升社區自主防災提出以下的建議：

- (一)水土保持局的主要任務是提供地方警戒資訊，協助劃定管制區，因此需持續提供時間及空間上更精確的資料給縣市政府及村、里長使用。
- (二)協調業者改善覆蓋率及手機型號的問題，以及（協助縣市整府）與電視業者（尤其是地方第四台的業者）協調合作，讓民眾可以從電視上獲得同樣的訊息，達到資訊共享的目的。
- (三)以智慧資訊網絡強化社區自主防災除了監測、預報資料基礎外，另一方面就是要有暢通的通訊網路，因此需要有備援系統，尤其對於位處山區的土石流防災社區，必須確保通訊品質及暢通。
- (四)從風險管理的角度來看，建議於土石流防災宣導、社區教育訓練及防災演練加強推廣各項防災工具，持續協助社區居民下載使用，發揮已建置的網絡功效。

# 基於農村四好欣模式－活絡在地能量建構農村聚落關鍵住民之互惠機制

財團法人慈心有機農業發展基金會 陳榮宗課長

## 一、前言

現今農村普遍面臨一些問題（林育諄，2012），包括：對作物實質價值瞭解粗淺，忽略土地、生物環境關係（Tuck et al, 2014；Hardman et al, 2016），人口老化、收益低、風險高，農村價值、文化逐漸喪失等（康靜華，2012）。其中主要四個問題：（一）對作物實質價值瞭解粗淺（二）忽略土地、生物與環境關係（三）人口老化、收益低、風險高（四）農村價值、文化逐漸喪失。這些問題很有可能是造成農村衰退、功能喪失及文化難傳承之因素。

慈心基金會於 105 年度執行水土保持局「積極推動農村再生-四好創新農村欣風貌模式計畫」，該計畫主要著力於整合官田當地豐富的資源，希望能夠讓聚落逐漸形成良好自主的在地支持系統，藉由 105 年度「四好創新」計畫之經驗，觀察到農村聚落關鍵住民的實質參與及認同是農村永續發展及農村活化再生的主要因素。

## 二、研究方法

本年度計畫著重在於農村關鍵住民之相關教育與連結，計畫執行包括(一)校園、社區成長學習課程(二)導入企業社會責任贊助提供校園蔬食食材。主要工作項目包括針對關鍵居民辦理環境、食農及蔬食教育等 13 場次課程、校園食農教育教案 1 套、課後回饋機制 1 套、媒合企業贊助提供校園蔬食友善食材 2 種。使校園親師生、社區居民及農友更加認識在地之環境、生態及作物，並讓教育理念深入居民，作為共同為官田永續發展的基礎，讓農村現存四個主要問題能夠逐步改善，達成四大目標，包括：

- (一)好食在：改善基礎生態條件，提供安全、營養及健康食材。
- (二)好住所：維護農村生態，兼顧農村生物多樣性。
- (三)好生活：提升農民生活品質，提供宜居農村生活。
- (四)好心情：維護農村優質文化，認同、珍惜、維護及傳承農村在地優質文化

## 三、研究成果與討論

(一)針對關鍵住民導入相關教育活動，深化瞭解認同四好：

以農村關鍵住民為對象，規劃「環境、蔬食、食農」等三大主題課程，透過多樣化的課程安排，強化校園親師生與社區居民對於官田之環境、生態及作物之認識，並瞭解友善耕種對環境的重要性。瞭解到良好的生態及環境基礎，才是永續發展的根本。

(二)運用在地資源、耕作文化及特色促進校園親師生、社區居民及農友彼此互動、了解及認同進而形成互助、互惠之支持力量：

於豐富的課程及活動中邀請校園親師生、社區居民及農耕農友參與、多方交流，增加彼此互動機會，進而相互熟悉並認同，形成農村自主、互助之支持力量，朝向農村永續發展目標努力。

本計畫針對上述兩重點面向，執行 2 場校園環境教育、2 場校園蔬食教育、3 場校園食農教育、發展校園食農教育教案 1 套、發展課後回饋機制 1 套、4 場社區蔬食教育、3 場在地農民友善農業相關教育、配合關菱角季活動宣導友善耕作及蔬食理念。

(三)導入企業社會責任贊助校園友善農業食材，連結在地農村聚落地產地銷模式，活絡在地支

持能量，落實互惠機制：

透由媒合當地農企或農友連結農村聚落地產地銷模式，將友善耕作農友之綠保食材帶入校園，讓孩童從小接觸在地友善蔬食，並藉此結合食農教育，強調「生產與生態」的關係，讓校園親師生瞭解友善環境之重要性。經費則導入企業社會責任，以企業贊助方式解決成本過高問題，並以此拉近在地農企或農友與社區居民之連結。慈心基金會媒合友善大地社會企業有限公司於 105 學年下學期 4 月 17 日至學期結束前，供應綠保菱香米做為隆田國小週一至週五營養午餐食材，並於 106 學年上學期除綠保米外也媒合綠保農友林丙火協助供應綠保菱角至學期結束，讓校園親師生天天有在地友善食材可以享用。截至 106 年 11 月底企業贊助隆田國小校園友善食材，綠保菱香米 3,480 公斤、綠保菱角 192 公斤，總經費 254,160 元。

#### 四、結論

主要結論有二：

(一) 關鍵住民之相關課程、加強關鍵住民連結：

慈心基金會於 105 年度執行水土保持局「積極推動農村再生-四好創新農村欣風貌模式計畫」，該計畫主要著力於整合官田當地豐富的資源，希望能夠讓聚落逐漸形成良好自主的在地支持系統，105 年度計畫執行後觀察到是農村永續發展及農村活化再生的主要因素在於社區居民之參與度，與認同感，因此，本年度（106 年）計畫著重於農村關鍵住民之相關教育，創造彼此互動連結機會，加強關鍵住民之認同並形成在地互惠機制，落實農村四好基礎。

(二) 結合企業贊助提供校園蔬食食材：

學齡年齡的孩子一週有五天都在校園食用營養午餐，但一般學校午餐因考量成本，難以享用有機、無毒的食材。透由媒合友善大地社會企業有限公司及農友林丙火協助供應隆田國小營養午餐友善食材，其所需經費則藉由企業募款導入企業社會責任，解決校園有機蔬食成本過高的問題。企業贊助使得校園學童得以食用在地友善耕作食材，讓孩童從小接觸在地友善蔬食，為學生連結餐桌與農地的關係，並配合相關教育帶入綠保理念，讓學童認識友善食材所帶來的健康與土地、生態的結合。

# 結合農塘活化與綠水生態產業營造生態農村之研究

財團法人農業工程研究中心 簡傳彬研究員

## 一、前言

生態農村的營造，係透過社區生態資源空間分佈、整合作業，系統串聯鄰近生態棲地、廊道軸帶，結合具有生態教育價值的生物、棲地、自然環境及人文風貌等特色之農村社區，以規劃具發展潛力之農村社區生態特色軸線，透過農村社區生態特色軸線營造，達到區域永續發展目標。目前各區域以農塘為農村社區發展的基地甚多，但如何在里山倡議理念下，進一步配合農村人力資源，結合綠水生態產業共同營造生態農村為目前亟需努力的方向。唯綠水生態產業之水源及生態棲地需賴農塘活化加以支持，亦即農塘可提供生產所需用水，也提供生態生物良好棲地與農村良好生活環境。因此透過農塘活化與綠水生態產業將可提供生態農村永續發展的條件。

## 二、研究方法

本計畫首先將針對農村社區導入農塘活化與綠水生態產業之機制與社區自評機制建立進行探討。其後就農村社區進行農塘活化與綠水生態產業之遴選評估流程與推動方式進行研擬，以達農村生態社區永續發展之目標。研究項目與內容說明如下：

### (一)基本資料蒐集

1. 蒐集研析國內外農塘活化與綠水生態產業於生態農村之應用案例及其他相關文獻探討。
2. 進行範例研究區之資料蒐集及調查。

### (二)相關法規蒐集分析

進行推動農塘活化及綠水生態產業應用之可行性評估與推動機制時，同時將就對地補貼、生態環境給付、綠色補貼等進行研析，以及對土地限制使用與容許使用項目進行探討。其後再就推動農塘活化及綠水生態產業之相關法規或政策進行研討。

### (三)農塘活化及綠水生態產業在農村社區進行可行性探討

針對法規面及人文社經環境等探討分析農塘活化及綠水生態產業推動可行性評估，以研擬具水土保持及水源涵養效能之綠水生態產業推動策略研擬。

### (四)進行綠水生態產業種類遴選機制建立

考量水土保持、水源涵養、生態保育及經濟發展進行綠水生態產業種類遴選機制建立。

### (五)綠水生態產業種類評估流程

依據各項生態產業，分就土地使用限制、現地植生、坡度、土質、水源涵養、產業經濟及環境永續等指標研擬評估流程。

### (六)結果與討論

依據前述可行性探討、遴選機制建立、評估流程進行分析與討論。

## 三、研究成果與討論

農塘活化與綠水生態產業在農村之推動，經由研究分析結果，其中綠水生態產業之推動類別包括水梯田、農林業與生態旅遊等，以下就梯田與部分農林業作物之效益進行說明如下：

依據水土保持局台北分局於 2015 年在貢寮龍崗社區與石門嵩山社區之試驗資料，針對水梯田之土壤質地，在水梯田蓄水情形下，進行梯田蓄水之地下水補注分析。該分析之假設條件包括：以水稻作物為主，以續灌方式每天供給 10mm 水量，田間水深超過 30mm 不給水，田埂高度假設為 20 及 30 公分(貢寮龍崗地區田埂高度設為 20 公分，石門嵩山地區設為 30 公分)，田埂缺口高度假設為 10 公分。

依上述相關條件下，分析推求地下水補注量。假設深層入滲量為地下水補注量，則貢寮龍崗社區平均每公頃地下水補注量約為 1.90 萬立方公尺，石門嵩山社區約為 2.09 萬立方公尺。

水梯田活化後，主要的水質改善以降低懸浮固體為主。以水土保持局台北分局於 2015 年之貢寮龍崗社區資料為例，水梯田復耕後，在降雨時可將上游的懸浮固體經由田區滯流從 18.8mg/L 降至 8.1mg/L，可以降低懸浮固體 56.9%。

油茶效益分析以林試所調查之台中地區海拔 200 公尺農地栽植小果油茶為例，1.7 分農地實際盛產量共 99 公升（165 瓶，每瓶 600cc）苦茶油為標準，估計小果油茶 12 年生盛產量每公頃約 1000 瓶，每瓶小果油茶苦茶油市價 1,800 元~2,200 元。本計畫以每瓶 1800 元為例，進行估算結果油茶年平均效益（以 12 年之各年淨效益折現計算淨效益）為 37.0 萬元/公頃-年（資料來源：行政院農委會油茶主題館網站，2016）。農民如採高強度管理則年平均效益可達 88.8 萬元/公頃-年。

馬告效益分析，假設每公頃 440 株，每株收成 0.5 公斤，以市價 2500 元為例，估算結果估算年平均效益為 27.9 萬元/公頃-年，農民如採高強度管理則年平均效益可達 170.0 萬元/公頃-年。楊梅效益估計每公頃以 440 株，每株收成 60~90 公斤，以市價 30 元估算結果楊梅年平均效益為 42.3 萬元/公頃-年。農民如採高強度管理則年平均效益可達 136.6 萬元/公頃-年。肉桂效益估計每公頃以收成 1320 公斤土肉桂葉，以市價 500 元估算結果年平均效益（農家賺款）為 30.0 萬元/公頃-年。農民如採高強度管理則年平均效益可達 65.6 萬元/公頃-年。

農塘活化為綠產業的一環，且符合聯合國環境規劃署 2011 年綠色經濟報告定義。該報告將綠色經濟定義為「在環境資源限制條件下，可提高人類福祉和當代及世代公平，同時顯著降低環境風險與生態稀缺的經濟」。此定義之核心概念包括：（1）尊重環境資源限制條件，（2）持續改進農村居民生活素質，達到幸福快樂的農村社區環境。而農塘活化透過蓄水操作以提高水資源利用並改進農村居民生活素質，達到幸福快樂的農村社區環境，並降低環境風險與生態稀缺的經濟。

#### 四、結論

經由農塘活化與綠水生態產業進行生態農村之營造，透過農塘活化可提高水資源運用及水源涵養的效益，經由綠水生態產業營造，不僅可提供農村生態效益，對於因人口老化或閒置農地提供另一種農地或農村產業的選擇，以提高農村的經濟效益及提高農民所得。也由於綠水生態產業營造，提供閒置農地的農村產業再發展，進而強化農村社區的凝聚力。

依據綠水生態產業定義以及在不違反現有法規及不超限利用的原則下，社區可依區域特色選擇可發展之綠水生態產業類別。經由綠水生態產業遴選作業流程可發展之綠水生態產業類別如下：農業、林業、農業加工、農村體驗、農村特色餐飲、輕旅行及相關服務業等。

農塘活化及綠水生態產業在水質淨化、水源及生態保育效益均為正向。水源及生態年平均效益參考範例研究區鄰近之文獻與試驗資料約為 8 ~ 11.7 萬元/公頃-年，值得進行對地綠色補貼。

財務及經濟效益方面，依據選擇之產業別及投入人力，農民經濟效益以範例研究區鄰近之試驗區資料，針對部分高經紀綠水生態產業如採低密度種植年平均效約 27.9 ~ 42.3 萬元/公頃-年。農民如採高強度管理則年平均效益可達 65.6 ~ 169.9 萬元/公頃-年。惟前期投資較大，因此在前期政府輔導下，後續應可在符合農民經濟受益下進行永續發展。

本年度已完成國內外農塘活化與綠水生態產業於生態農村之應用案例及相關文獻探討，並進行綠水生態產業在農村社區之可行性探討與綠水生態產業種類遴選機制建立，與推動農塘活化與綠水生態產業社區評估流程與推動方式研擬。並於龍崗社區與鄰近泰平社區及坪林地地區進行前期輔導。惟農塘活化與綠水生態產業非短期內可獲得直接效益之工作，建議後續應持續追蹤成效。

# 台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究

國立中興大學計畫主持人：吳振發教授

國立中興大學共同主持人：陳思宏助理教授

## 一、前言

農村人口老化，青年外流早已是全球必須共同面對的課題，在台灣各政府部門推動相關政策指導下，建構韌性農村社區相關政策後續之推動方向，亦應提出可能之建議。因此本研究目的之一，即是進行台灣韌性農村社區評估架構建立與先期實證研究。另一方面，因應新南向政策之推動，在我國與東協國家多無正式邦交情形，應運用及發揮我方農業、科技、文化、專業人才人力等軟實力，作為爭取雙邊或多邊實質合作的利基。台灣在水土保持與農村再生之技術研究與實務執行成果已頗具成效，故應積極透過各種管道，啟動「水土保持與農村再生技術南向行銷」，建立跨國合作機制，並進行經驗交流與實質合作，一方面更臻提升水土保持與農村再生執行成效，另一方面協助新南向國家產業、經濟及人力資源的共同成長，強化與新南向國家鏈結，達到互利雙贏、區域及人力資源的共同成長，國家包括東協十國、南亞六國及澳紐，所涵蓋潛在合作對象範圍甚廣，各國不僅在水土保持與農村再生技術發展進程有所差異，相關政策與工作推動執行的理念也多所不同，且部分國家資訊透明度有限，為追求後續「水土保持與農村再生技術南向策略」效益最大化，就短中程目標而言，需擇定擬優先合作國家，進行需求調查與可行性評估。

## 二、研究方法

### (一) 台灣韌性農村社區評估指標之建構

本研究應用模糊德爾菲法進行台灣韌性農村社區評估指標之建構，採用模糊德爾菲法作為評估因子選取的方法，以克服會集各學者專家作群體思考之困難，同時亦可避免操作過程中，因研究者之口語表達方式，而影響群體之思考，並確保不同性質的參與者有平等發表意見的權利(Duffield, 1988; 宋文娟, 2001)。台灣韌性農村社區評估架構及指標乃根據「韌性農村」文獻、現地觀察、考慮農村人口老化、青年流失的問題，確立目標為「台灣韌性農村社區評估指標~營造青年農民適居、適生、適產環境」。共建立七個構面，分別是「農村人口結構」、「農村居民特質」、「農村組織運作」、「農村生產環境」、「農村就業機會」、「農村生活環境」及「農村居住安全」。評估因子則有 34 個，例如農村人口密度、農村老化指數、農村人口素質、空屋比例、自有房屋比例、市場、公園綠地、高速公路與快速道路、火住宅斷層與土壤液化、住宅海嘯溢淹...等。根據上述選出的評估構面與因子進行專家問卷研擬，本研究進行兩階段專家問卷調查。第一階段為模糊德爾菲專家問卷，主要是在刪除不必要之因子，以確立「台灣韌性農村社區評估因子項目及層級架構」；第二階段則藉由專家問卷評估結果，求取「台灣韌性農村社區指標評估體系」各個影響因子權重。

### (二) 台灣韌性農村社區評估因子之實證

本節的重點在於驗證上一節所建構之台灣韌性農村社區評估因子是否符合真實的狀況，因此以回鄉就業的青農為對象，以訪談方式驗證因子的有效性。

### (三) 新南向國家水土保持與農村再生合作可能性分析

本節的重點在於了解新南向國家水土保持與農村發展之現況，以及與台灣進行雙邊合作之合作可能性。本研究以專家訪談方式進行，分別邀集國內熟悉南向國家之台灣學者，及南向國家學者，進行深入訪談。本研究操作流程如下:(1)界定問題與研究範圍;(2)擇定目標國家與訪談對象;(3)擬定訪談綱要與題項;(4)進行質性訪談;(5)訪談結果彙整與資料分析。

### 三、研究成果與討論

#### (一) 台灣韌性農村社區評估體系之建構

本研究利用文獻回顧及模糊德爾非法專家問卷，提出台灣韌性農村社區評估體系，可為國內農村社區韌性提供一個新的評估方法，與先前研究整理韌性相關分析所切入之觀點、要素進行比對，可以發現本研究架構能妥善將影響社區人口老化、青年外流等韌性之要素，以及官方、學者之觀點，綜合於韌性評估架構之中。統計結果得知，「台灣韌性農村社區評估架構」的第一層指標評估因子以「農村組織運作」之權重值(0.156)為最高，「農村生產環境」之權重值(0.148)以及「農村居住安全」之權重值(0.147)次之，再者，「農村就業機會」與「農村生活環境」之權重值相等(0.145)，明顯高於「農村人口結構」之權重值(0.133)，以及「農村居民特質」之權重值(0.127)。由此可見農村組織運作，能作為斷定台灣一農村韌性程度的依據。次準則評估層面相對權重，「農村人口結構」構面最重要的因子是農村老化指數與農村人口密度，顯示目前農村面臨青年流失日趨嚴重，不僅造成人口老化，連帶的也減弱了農村的韌性。「農村居民特質」構面最重要的因子是平均農戶所得，意味著經濟收入是維持青年農民留在農村的重要因素，助於農村之活化，改善農村韌性，相當重要。「農村組織運作」構面最重要的因子是「農民教育」，當增加青年農民教育機會，將有助於該農村社區的韌性。「農村生產環境」構面最重要的因子是生產力分級；「農村就業機會」構面最重要的因子是鄰休閒農業區、鄰農業經營專區、鄰風景區等因農業即農村之本質，其衍伸之休閒農業與農業專區之經營方法，有助於農村產業之變化，增加農村就業機會，改善農村韌性。「農村生活環境」構面最重要的因子是社區設有小學，「農村居住安全」構面最重要的因子是住宅山崩、土石流，顯示農村社區面對自然災害之韌性恢復力，有一定的重要性。

#### (二) 質性訪談實證研究結果

藉由相關本研究建立之台灣韌性農村市區評估體系之內容，以及現行青年農民訪談的結果，以證實「台灣韌性農村市區評估體系」之適用性，訪談內容中萃取出最初的編碼，而後將編碼概念化並聚合成次類別，再將相同概念之次類別聚合成構念。本研究分析青年農民訪談的統計結果顯示，24 個次準則於訪談內容中皆有達到 50% 以上，其中以農會產銷班數於訪談內容中被提及最多次(80%)，農民教育程度、農民教育、鄰都市計畫區、鄰休閒農業區次之(73%)，證實「台灣韌性農村市區評估體系」之適用性。

#### (三) 南向國家水土保持與農村再生合作可能性結論

綜合歸納上述訪談 15 位國內外專家學者之結果，發現本研究目標國皆對學術、技術交流與人力培育與農村再生成功經驗移植有合作意願，另外泰國、越南與尼泊爾皆有建立常態雙邊交流合作意願。

### 四、結論

針對台灣農村社區進行韌性評估，不僅能夠針對目前農村社區的韌性現況，做客觀的描述與評估，且有助於管理決策者對農村韌性的影響因素進行評估，對於農村社區的管理及政府經費發揮的效益性，都具有非常重要的意義。

透過文獻回顧與模糊德爾非法歸納所得之評估因子與層級關係，建立台灣韌性農村社區評估體系，在實際應用時具有良好的適用性。據此，可將此評估體系依據各區域農村社區的特性適當調整，作為評估台灣農村社區韌性是否達到永續發展之要求的參考。

# 農村黃金遊程結合國旅卡振興國民旅遊方案之研究計畫

國立臺中教育大學 賴志松助理教授

## 一、前言

105年來台陸客團總數銳減，已衝擊國內部分縣市地區觀光相關產業發展，為擴大國內旅遊並協助觀光產業轉型升級；於106年1月1日起推動國民旅遊卡（以下將稱國旅卡）新制，以協助觀光產業發展。

行政院農業委員會水土保持局自民國99年08月起依循「農村再生條例」致力於活化農村、發展農村特色，實施至今，全國農村再生之社區已可發展出52條旅遊路線。雖有好的農村遊程，但農村社區之遊客消費及所帶動邊產值不明顯，無法於農村形成實質回饋循環。

因此，為擴大國人國內旅遊觀光之需求，行政院於民國105年12月22日通過106年「國民旅遊卡新制」之實施。新制規定國民旅遊之使用範圍，其中8000元之額度限定使用於國內團體旅遊或觀光局旅遊產品。

透過此次政策方向，配合水土保持局規劃出之農村旅遊動線，本計畫擬完成農村旅行與「國民旅遊卡新制」相互結合之機制建立，希望藉由機制之建立行銷及整合農村產業、生態、環境與文化特色，讓更多人認識及擁有體驗台灣農村之機會。

本計畫期以農村旅行與「國民旅遊卡新制」相互實質結合之模式建立，推廣至全國各農村社區，帶動農村社區與其周邊文化、生態、景點、食宿業者實質效益。

本計畫之階段目標，分述如下：

1. 盤點及建置中部地區旅行社業者資料庫。
2. 建置國旅卡方案下，旅行社業者與農村社區之農村旅行遊程配合機制。
3. 盤點與檢視既有農村遊程路線，規劃具有實質效益的國旅卡農村旅遊行程做為示範路線。
4. 年度農村旅遊鏈結106年「國民旅遊卡新制」方案之成果展現。
5. 針對未來旅行社與農村社區之合作持續機制提供建議。

## 二、研究方法

### (一)文獻探討法：

收集與彙整與國民旅遊相關之法令政策、各部會地方推動國旅補助方案及分析國民旅遊市場消費特性等，做為後續篩選、排定示範遊程之基準。

### (二)資源盤點：

本計畫研究範圍乃針對中部地區（苗栗、臺中、南投及彰化四縣市）符合國旅卡消費使用規定之旅行社業者進行盤點，盤點內容將包括合法性、是否為國旅卡認證業者、是否結合農村旅行、配合之周邊旅宿業者等。

### (三)焦點團體法：

#### 1. 旅行社業者宣導說明會

- (1)宣導國民旅遊新制實施後，所能振提振之國內觀光力道及配合意願。
- (2)以旅行社業者觀點重新審視水土保持局既有之中部地區黃金鏈遊程發展之可行性。

#### 2. 商業營運機制討論會：

- (1)說明國旅卡新制政策之因應及如何針對國旅卡新制推農村遊程方案。
- (2)透過旅行社業者、農村社區代表及學者專家共同討論出適合國旅新制補助之農村社區旅

行遊程及旅行社業者與農村社區可能之合作機制。

#### (四)現勘活動

待彙整出四縣市內，具特色性景點後，由主持人及本專案團隊，針對各景點之環境建設及特色內容，進行現場勘查。

#### (五)成果推展活動

##### 1. 成果展分享會

針對計畫歸納之農村示範路線，以靜態發表輔以專員解說之方式辦理發表會，共計342人次參觀。

##### 2. 農村遊程示範旅行團

針對本年度推動之示範遊程，擇一做推動旅遊，邀請符合國旅卡方案之補助對象及一般社會大眾報名參加，並對於所參與之示範遊程做滿意度問卷調查，以蒐集補助樣本與社會大眾對於本計畫推動上之滿意程度評量。

##### 3. 計畫成果媒體露出

對於本計畫推動之示範路線做乙式行銷宣傳，預計於康百事雜誌及網路媒體做露出。

### 三、研究成果與討論

本研究計畫之執行，結合旅行社業者與農村社區代表觀點，形成之商業模式，考量農村遊程商業化尚缺乏之要件，並與農村社區代表討論修正其服務提供方式，是少數理論結合實務之研究執行方式。

從研究過程中發現之問題，討論如下：

- (一) 就現行法令規定部份，農村社區若要切入國民旅遊市場這個區塊，最直接需要解決的問題是為是否為國民旅遊特約商店，在未具此項資格階段，最快速切入之方式即為配合旅宿、交通業者，故此一模式可為短期商業營運模式之參考方式；就中長期而言，輔導農村社區特色商店成為國旅特約商店為重點發展目標。
- (二) 中部地區旅行業者中，符合國旅特約商店資格者，高達中部地區合法旅行社業者名單九成之多，唯實際推動農村遊程之旅行業者僅有2家，由計畫執行過程得到之回應即特色區別不大、無法出示合法單據以做核銷，故，是否輔導農村社區組織，使之符合代表社區開立合法單據之資格。
- (三) 現有農村設施之完備性不足以容納過多旅客，故主管機關應加強符合旅遊市場之公共設施改造，例如停車空間、諮詢服務平台或窗口、衛生設施等。

### 四、結論

- (一) 由於國旅卡持市場(持有及消費額度)穩定，唯可供體驗之農村遊程資訊並未充份揭露，故建議應對現有農村社區進行全面調查(調查方向分為，對內農村社區之參與意願、組織人力、人力專長、社區欲發展之特色、服務項目等進行資源清點)，將有意願參與主管機管推廣之農村社區及其提供之服務項目進行全面重新組合。
- (二) 農村社區組織成熟度亦為是否具整合、推展社區特色、行銷之能力衡量，而目前僅少數具有行銷推廣之能力，故應對社區組織能力進行評量。
- (三) 農村遊程特色性未顯露，致使消費者體驗後感受差異不大，故農村遊程內容應搭配鄰近熱門景點，增加吸引力及話題性，可從流行議題、動畫卡通、偶像劇拍攝場景等發想。

# 以里山倡議精神營造農村生態與文化地景之研究-以苗栗縣苑裡鎮蕉埔社區為例

國立臺灣師範大學李素馨教授

## 一、前言

為了保存珍貴的農村生態與傳統知識文化，本研究將調查蕉埔社區農村的特色水利灌溉設施，並且與社區組織、學校透過在地知識學習，以落實里山願景之農村再生規劃，本研究問題為蕉埔社區在火焰山下如何運用水利設施灌溉？如何調查與記錄傳統在地的知識並進而保存與傳承？如何運用里山倡議精神與生態系統服務理念營造農村再生計畫？以及如何提升居民對於石虎以及自然環境的保育意識，並提升其地方認同感，取得生產及保育平衡？

## 二、研究方法

本研究對研究基地擬定動機與目的後，以詳細的文獻回顧與資料蒐集，了解蕉埔社區資源以及議題，並且進行實地勘察、訪談、環境教育活動，並透過問卷調查，研究分析探討里山倡議精神、生態服務系統服務及地方感的整體影響關係(架構圖如下所示)，深入了解社區自然與人文資源，最後將以上資料呼應目的進行質性與量化分析與結果整理。

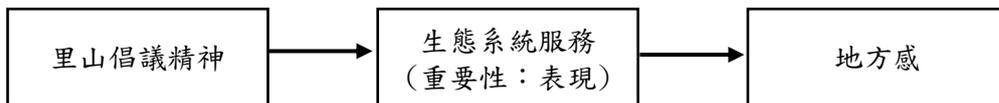


圖 1 研究架構圖

## 三、研究成果與討論

問卷調查共發出 180 份問卷，回收 164 份，無效問卷 28 份，有效問卷 136 份，有效問卷比率為 82.9%。研究結果顯示，當地老化程度達超高齡社會，勞動人口嚴重不足，人口族群比例以閩南族群、客家均半。從年齡差別對於里山倡議認同度之 ANOVA 分析，研究發現 34 歲以下及 45 歲~54 歲的居民，明顯比 55 歲~64 歲的更重視承載量和環境恢復力之重要性；45 歲~54 歲的居民最認同循環使用自然資源層面之重要性，年齡 65 歲以上的居民較重視農田利用，並大多施行慣習農法。由此研究得知在蕉埔發展里山社區相當重要的關鍵是在 45 歲~54 歲俱有里山倡議的觀念的農民，可針對這些小農推廣友善農法，協助行銷友善農作產品，共同發展可持續性的農作模式。

而從年齡差別對於生態系統服務之 ANOVA 分析，研究發現越年青的居民越重視生態系統調節服務，在年齡 54 歲以下形成一個分水嶺，明顯比 65 歲以上的老年人更重視生物多樣性、認同使用自然肥料、石虎保育及維護生物棲息地之重要性。而在生態系統供給服務，可以看出越年青的居民越重視在地傳統水利、傳統疊石工法的文化地景之趨勢，但年齡分層間並無顯著差距。

透過 IPA 分析及訪談研究得知目前當地急需接受協助的三項措施：1. 改善並強化水利設施，以利提升水資源的補給，促進農作的生產。2. 增加防範災害的設施與系統，以利防範自然或人為災害。3. 協助小農推展銷售市場，得以維持生計，才有更多的年輕人願意返鄉務農。以期解決農村勞動人不足，難以維持生計的情況，促進農村活化。

## 四、結論

- (一) 文化景觀保存與傳統在地知識之傳承：依據里山涵義與指標，透過量化研究得知，居民非常重視環境美學，以及在深度訪談中，許多耆老感嘆傳統文化已即將消失（如四季福的祭祀活動、節慶表演之大鼓陣、三官鼓陣、疊石工法等等），尤其傳統疊石工法的水池、水圳及梯田不僅只是文化地景，更是支持當地農作重要的水利設施，然而當地傳統疊石工法的技能幾乎後繼無

人，以維護水池及梯田。建議協助蕉埔社區農村與保存獨特的文化景觀，以提升居民對於蕉埔社區的認同感與地方自明性。

- (二) 農村生態保育與生產之環境：田間獨有的動植物生態能夠在無毒、無化學肥料的環境中繁衍，農村傳統客家文化也能夠保存下來，透過生態旅遊，儀式、教育活動、觀光導覽，將文化傳承給下一代，使居民與遊客除了了解體驗客家農村的文化傳統外，同時認識到石虎以及其他野生動植物生態系統對於這片土地的重要性，提升農村生態環境保育與生產之環境效益，找出保育生態和提高生產的平衡點。
- (三) 環境教育與生態農業推廣：透過實地探勘、訪談、問卷等資料蒐集分析後，將蕉埔社區規劃為里山聚落，保存在地的傳統文化與知識技能，藉由調查的資料與凝聚社區居民意識，與裡山塾、社區居民及蕉埔國小合作，實施石虎與野生動植物保育活動，納入親子體驗學習活動，將這些知識與認知推廣至下一代，達成環境教育等目的。目前當地居民特別重視並急需協助的，是改善並強化水利設施，以利提升水資源的補給，促進農作的生產；增加防範災害的設施與系統，以利防範自然或人為災害；以及協助小農推展市場銷售生態友善農作，得以維持生計，才有更多的年輕人願意返鄉務農。
- (四) 將先進觀念帶入社區並完善規畫及落實：本研究透過環境教育活動、質性訪談和量化調查時所進行宣導的里山倡議精神，將里山精神、環境教育、生態系統及文化景觀保育等先進觀念帶入蕉埔社區，提供社區建構完整的規劃策略與方針，亦獲得居民的認同及回饋。期望能再藉由農村再生計畫、促進農會協助農民推廣的生態農業，達到生態、生活、生產三者之間的平衡，實踐人與大自然和諧共處的願景。
- (五) 建議：當地老化程度達「超高齡社會」，勞動人口嚴重不足，45歲以上中老年人口達59.8%，需要透過多項措施協助蕉埔居民規劃推廣農村再生。本研究依據實地調查、質性訪談所了解到蕉埔目前所遇到的困境及需求，提出下列幾項建議，如下表1所示)。

表 1 短中長程建議表

| 項次     | 建議                  | 理由   | 主辦機關           | 協辦機關                   |
|--------|---------------------|--|----------------|------------------------|
| 立即可行建議 | 1.農田水利的維護           | 處在蕉埔下游，在7-12鄰的農田，經常面臨水源不足耕作的情況，有提出需有保護工程才不會流失石頭，以利保持含水量。                 | 行政院農業委員會水土保持局  | 蕉埔里辦公室、蕉埔社區發展協會        |
|        | 2.傳統文化保存            | 傳統文化隨著耆老凋零，而逐漸被遺望，需要進廣及傳承即將消失的傳統文化。                                      | 蕉埔社區發展協會       | 文化部、國立臺灣師範大學地理學系       |
| 中長期建議  | 1.防災設備的建置           | 居民認為蕉埔目前現地之防災設置不足，如有大型災害將會引起重大災情。  | 相關防災機關或委任民間機構。 | 行政院農業委員會水土保持局          |
|        | 2.石虎的保育措施           | 居民提到以前比較常看到石虎，但是目前越來越少見。   | 保育相關團體         | 行政院農業委員會               |
|        | 3.推動友善農業發展措施，如經營石虎米 | 因在地農民都是年長者，施行傳統慣習農業已久，且又能保障農民經濟，反而經營友善農作之小農卻無行銷市場，因此需經長期規劃，支持推動小農發展友善農業。 | 相關民間機構或保育相關團體  | 行政院農業委員會、地方政府、蕉埔社區發展協會 |
|        | 4.推動發展生態旅遊          | 農村經濟維生不易，多數居民認同生態旅遊，並期望藉此改善農村經濟。   | 相關民間機構或旅遊推展團體  | 交通部觀光局                 |
|        | 5.里山倡議營造後續推展及因應措施   | 可優先針對45歲~54歲之間，已對里山倡議俱有觀念及高度認同之農民，進行推廣友善農法，協助小農行銷友善農作產品，共同發展可持續性的農作模式。   | 行政院農業委員會水土保持局  | 蕉埔里辦公室、蕉埔社區發展協會        |

# 農村再生之區域發展潛力及跨域整合可行性之研究

逢甲大學 葉美伶 研究助理教授

## 一、前言

為促進各農村之生態、生活、文化或產業等資源與組織跨域整合，行政院農業委員會水土保持局於民國 105 年底訂定「農村產業跨域計畫及農村區域亮點計畫」，期以區域性發展資源為藍圖，彙整具有相同自然、人文資源和特色的社區打破行政界線，共同發展各式農村主題、活化農村區域。

有鑒於各地區發展文化、生態、特色均有所不同，其跨領域專業與資源整合非單一地區、部門或機關團體可以執行推動，因此本研究計畫擬以區域資源整合為發展軸面，依農村社區發展特性，歸納各區域亮點計畫之農村自然環境、交通、產業及空間使用等資源結合，並透過社群網站蒐集民眾意見做為資料來源之一，從區域發展的發展潛力及發展限制兩者綜合評估，深入檢核及篩選農村區域發展特性，全方位挖掘區域發展潛力及亮點，作為未來農村跨域合作發展及整體資源分配之評估依據。

## 二、研究方法

本研究計畫以「農村產業跨域計畫及區域亮點計畫—中苗深度體驗計畫」的 12 個鄉鎮區為研究範圍，以群眾智慧、自願者空間資訊及大數據資料探勘之模式，建構非結構式資訊分析方法及空間分布之群聚分析模式，從群眾角度認知瞭解民眾(遊客)對於農村地區之直觀感受，並透過蒐集各區域發展條件，如自然環境、交通條件、空間、產業特色及農再社區發展成效等；以 AHP 層級分析法、排序法結合空間分析，建構區域潛力評估模式，將區域整合性潛力分析結果，配合各區域產業行銷策略及各項資源配置進行視覺化展示，作為因應整體農村發展需求，促進整體區域再生活化發展之研究。

### (一) 志願地理資訊

隨著行動裝置與社群媒體的盛行，帶有空間資訊的社群資料以驚人的速度成長，並以非結構性的文字與圖片作為呈現方式。這些巨量社群資訊的取得並非透過志願者去做提供，而是資訊需求者從民眾於社群媒體公開之資訊去取得並做加值應用。而如此巨量資料可以運用於探索可用資訊，發現模型，找出資料間的關聯性，進而評估情勢預測未來，

表 1 正負向關鍵字表

| 正向  | 負向  | 中性  |
|-----|-----|-----|
| 關鍵字 | 關鍵字 | 關鍵字 |
| 亮點  | 爛   | 觀光  |
| 快樂  | 差   | 參觀  |
| 開心  | 無聊  | 光顧  |
| 美麗  | 壞   | 休閒  |
| 高興  | 缺乏  | 悠閒  |
| 歡樂  | 落後  | 清閒  |
| 愉快  | 偏僻  | 慵懶  |
| 美   | 髒   | 農業  |
| 美麗  | 亂   | 農場  |

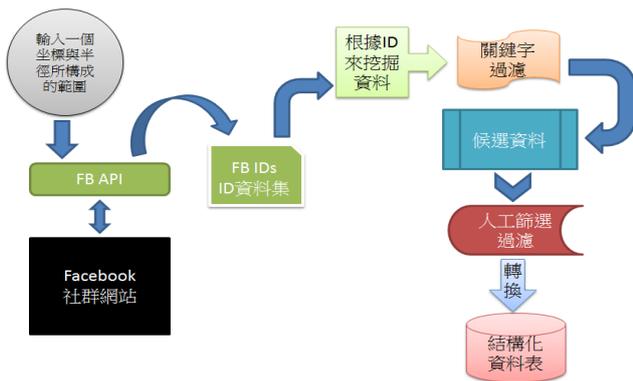


圖 1 群眾資料蒐集流程

### (二) AHP 層級分析法

由於農村再生因產業多元化與資源差異性造就由下而上的共識取得不易，透過 AHP 法應用於潛力分析，能將複雜的關係以有系統之方式進行整理並分解成各項因素，後根據階層關係進行重要度的兩兩比較，將難以量化的問題轉變成可以量化操作的決策方法；本研究計畫藉由專家問卷、訪談及本研究團隊，共同擬定五大發展評估指標，包括環境敏感因子、交通可及性、農再計畫推動成果、產業類型及成效、空間使用情形、社群滿意度回饋指標，並運用排序法結合空間分析，建構區域潛力評估模

式，以設立評斷指標及各因子間之等距權重分數，藉此評斷區域整體發展效益。

### 三、研究成果與討論

本計畫以「VGI 分數」(圖 1 所示)與另外的「五大發展評估指標」(圖 2 所示)兩者進行比較，透過前述 AHP 權重法進行計算與空間套疊後，將成果以鄉鎮市區界為單元，依照其分數高低建立優良、良好、尚可共三個級距之評價層級，從而篩選評估差異較明顯之區域，以深入分析至各村里，研析區域發展現況、產業亮點、是否具特色挖掘價值等，作為推動農村亮點計畫與資源分配之參考依據；經比對後，本計畫以南庄鄉(高 VGI、輕度發展現況)、新社區(高 VGI、輕度發展現況)、豐原區(中 VGI、高度發展現況)三個鄉鎮作為本計畫主要分析區域，其分析如下：



圖 2 VGI 民眾回饋分數分佈圖

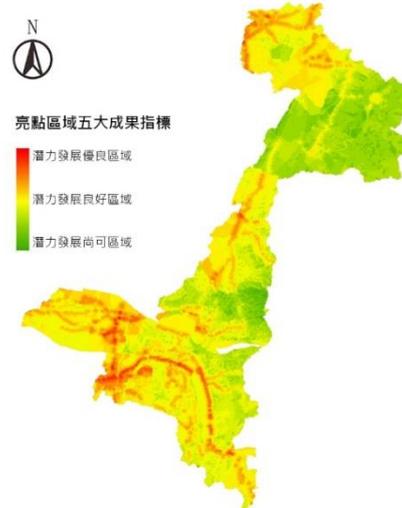


圖 3 五大發展評估指標分數分佈圖

(一) 南庄鄉：南庄鄉整體群眾智慧評價極高，其中又以東河村 VGI 與發展評估因子分數最高，對於發展潛力具有高度優勢，未來地方政府及相關部會應持續推動基礎建設，帶動周邊各村里的旅遊發展；而鄰近之蓬萊村則在環境敏感因子較多，建議政府單位應持續進行山坡地維護工程，並加強水土保持以保障當地居民及遊客的安全，另外，由於蓬萊村屬傳統文化農再社區，擁有珍貴賽夏族傳統文化，建議以此為核心發展特色農村。

(二) 新社區：新社區評估因子分數上雖不出色，卻在群眾智慧評價上取得高分；新社區打卡多集中於協成里、福興里、中和里。且為相鄰村里，均為農再社區，建議可規劃為農村特色廊帶；而福興里透過採收農作體驗成功行銷，建議由農再計畫之推動，擴大產業規模與建立一系列的農村體驗產業鏈。

(三) 豐原區：豐原區都市化程度高且發展條件優良，惟較為缺乏地方性特色及亮點，從民眾打卡意願較低即可得知；鑑此，本計畫選擇 VGI 分數最高之南嵩里作為研究區域，該區不論在 VGI 的打卡資訊分數與發展潛力均相當高，惟南邊環境敏感因子較高，近期透過政府投入多項水土保持工程後已有顯著改善；其中，公老坪社區為跨村里社區，因此建議能針對相鄰打卡熱區南洋里進行跨域整合發展，同時可針對朴子里東豐自行車道增設路線至南嵩里，促成豐原區整體觀光遊憩軸帶。

### 四、結論

本研究計畫主要探討「民眾打卡語意剖析」及「農村發展評估因子」之對比，研析民眾觀感與現況資源的落差。藉由群眾智慧與現況資料、相關投入資源比對，確實可作為評估區域發展成效之依據，不僅能檢視既有計畫的推動成果，更能挖掘其他區域之亮點，並提供發展建議及策略。惟打卡數量多寡絕非判斷區域潛力基準，更需透過語意頗析、發展評估因子、區域發展主軸比對，方能針對不同地區之潛力發展有較為精準的評估。

# 以國土計畫法及整體性區域劃分之觀點進行山坡地土地可利用限度分類之可行性研究

國立臺灣大學生物環境系統工程學系 胡明哲教授

## 一、前言

合理之土地利用係基於經濟與安全之考量，理應依土地之自然環境條件，予以適當分級，並就各級土地之容許開發特性作合理的開發利用。因此，水土保持局根據山坡地保育利用條例，應辦理山坡地土地可利用限度查定工作，依循土地可利用限度分類標準，完成宜農牧地、宜林地、加強保育地之查定。然而，在實際查定的過程中，係以「地號」為單元進行成果判定。雖已有相關標準作業流程可依循，但在為整體性考量的情況下，亦可能造成特定地號的判定結果與周遭其他地號存在著較大的差異，也導致整體景觀或生態可能有負面影響產生。

鑒於國土計畫法已正式施行，且於施行後兩年內應公告實施全國國土計畫。在此情況下，既有之山坡地土地可利用限度分類結果的判定，除查定基準因子的考量外，亦應納入整體環境、景觀或保育的思維，來輔助進行分類結果的最終判定，始可確保國土的整體性，進而達到永續發展之目的。

## 二、研究方法

為達成計畫目的，擬定本研究主要之工作包括：(1)相關資料蒐集與分析、(2)國土計畫法之納管評估、(3)山坡地土地可利用限度分類判定之最佳化模式建置及(4)分類判定結果之現勘確核與標準作業流程之建置等，整體研究架構如下圖所示。

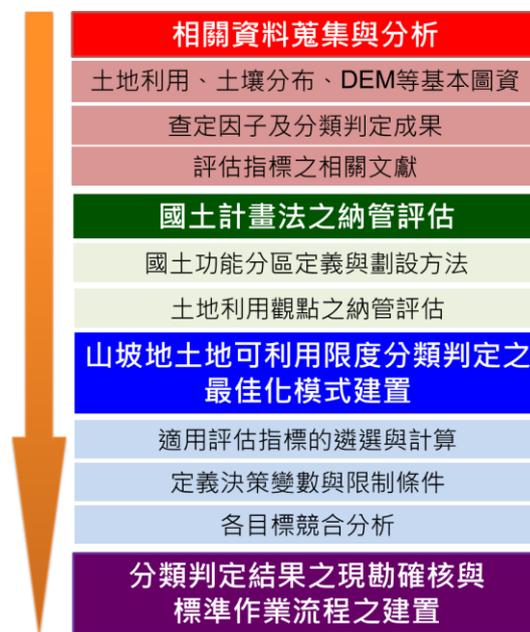


圖 1、計畫架構流程

## 三、研究成果與討論

### (1)相關資料蒐集與分析

本研究根據相關單位所提供之圖資與系統平台之資料，配合 ArcGIS-10.3 等相關分析工具，進行平均坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質等四項因子之建置工作，茲將計畫使用圖資資訊彙整如表 1 所示。

表 1 基本圖資彙整表

| 圖資名稱       | 坐標系統  | 檔案格式            | 圖資日期                         | 比例尺     |
|------------|-------|-----------------|------------------------------|---------|
| 合興段及石湖段地籍圖 | TWD97 | ArcGIS shape 檔  | 民國 104 年                     | 1/1200  |
| 正射航照影像     | TWD97 | Sid 影像檔         | 民國 90~99 年                   | 1/5000  |
| 相片基本圖      | TWD97 | Sid 影像檔         | 民國 91~95 年                   | 1/5000  |
| 土地利用圖      | TWD97 | ArcGIS shape 檔  | 民國 98~100 年判釋數化              | 1/5000  |
| 坡地土壤圖      | TWD97 | ArcGIS shape 檔  | 民國 84 年 6 月完成                | 1/25000 |
| 5m DEM 坡度圖 | TWD97 | ArcGIS raster 檔 | 民國 93 年與民國 100 年 5m dem 分析而得 | 5m*5m   |
| 中央地調所山崩目錄  | TWD97 | ArcGIS shape 檔  | 民國 102 年                     | 1/25000 |

(2)待查定土地之分類判定結果

本研究以山坡地土地可利用限度之分類判定標準與前述相關圖資分析成果，針對各地籍之查定因子進行分析，茲將合興段與石湖段判定成果展示如圖 2 及圖 3 所示。

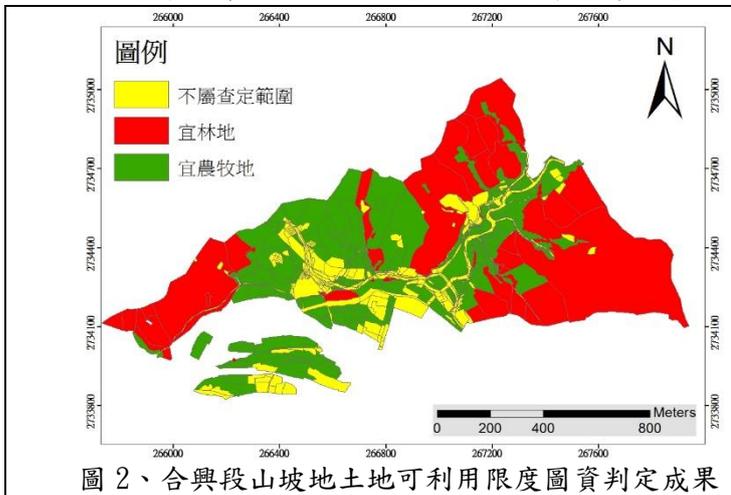


圖 2、合興段山坡地土地可利用限度圖資判定成果

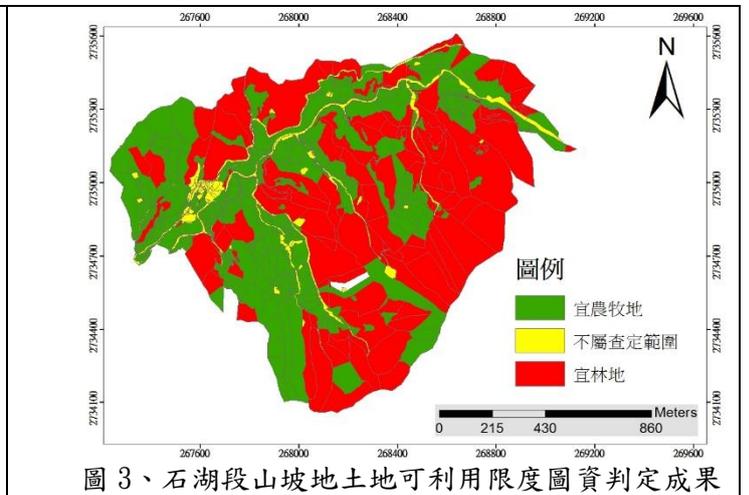


圖 3、石湖段山坡地土地可利用限度圖資判定成果

(3)國土計畫法之納管評估

國土計畫法已於 105 年 5 月 1 日正式施行，其後主管機關應擬定「全國國土計畫」及「直轄市、縣(市)國土計畫」，取代現行區域計畫。因此，以山坡地保育利用條例第十六條中所論之宜農牧地、宜林地及加強保育地而言，應透過其分類的定義，連結到國土計畫法的各種國土功能分區劃設原則，藉以釐清未來可能納管的方式。依據 2017 年 11 月公告之全國國土計畫法(草案)內，與本案相關的國土保育地區及農業發展地區之劃設原則說明彙整如表 2，並以此為依據進行未來可能納管方式的探討。

表 2 國土功能分區之劃設及使用原則

| 功能分區   | 分類    | 劃設原則  |
|--------|-------|---|
| 國土保育地區 | 第 1 類 | 具豐富資源、重要生態、珍貴景觀或易致災條件，其環境敏感程度較高之地區。                 |
|        | 第 2 類 | 具豐富資源、重要生態、珍貴景觀或易致災條件，其環境敏感程度較低之地區。                 |
|        | 第 3 類 | 實施國家公園計畫之地區   |
|        | 第 4 類 | 符合國土保育地區第一類劃設條件之都市計畫地區保護或保育相關分區或公共設施用地。             |
| 農業發展地區 | 第 1 類 | 具優良農業生產環境、維持糧食安全功能或曾經投資建設重大農業改良設施之地區                |
|        | 第 2 類 | 具良好農業生產環境、糧食生產功能，為促進農業發展多元化之地區。                     |
|        | 第 3 類 | 擁有糧食生產功能且位於坡地之農業生產土地，以及無國土保安之虞且可供經濟營林之林產業發展土地，條件如下： |

|        |         |   |
|--------|---------|---|
|        |         | 不具農業發展地區第一類劃設條件，但得供農業使用且無國土保安疑慮之山坡地宜農、牧地。<br>可供經濟營林之林產業土地，且無國土保安疑慮之山坡地宜林地。  |
|        | 第 4 類   | 依原區域計畫法劃定鄉村區，屬於農村主要人口集居地區，與農業生產、生活、生態之關係密不可分之農村聚落。<br>原住民族土地範圍內之鄉村區或經中央原住民族主管機關核定之部落，符合前項條件者得予劃設。   |
|        | 第 5 類   | 農業生產環境維護良好且未有都市發展需求者，符合農業發展地區第一類劃設條件之都市計畫農業區。   |
| 城鄉發展地區 | 第 1 類   | 非國土保育地區第四類及農業發展地區第五類之都市計畫地區土地   |
|        | 第 2-1 類 | 原依區域計畫法劃定工業區。<br>原依區域計畫法劃定鄉村區，符合下列條件之一者，得劃設城鄉發展區：<br>位於都市計畫區(都市發展率達一定比率以上)周邊相距一定距離內。<br>非農業活動人口達一定比例或人口密度較高者。<br>符合都市計畫法第 11 條規定鄉街計畫條件。       |
|        | 第 2-2 類 | 核發開發許可地區(除鄉村區屬農村社區土地重劃案件者、特定專用區屬水資源設施案件者外)、屬依原獎勵投資條例同意案件、前經行政院專案核定案件。   |
|        | 第 2-3 類 | 重大建設或城鄉發展需求符合下列條件之一者，得劃設城鄉發展地區：<br>已通過政策環境影響評估之相關重大建設計畫。<br>經行政院核定相關重大建設計畫。<br>經行政院核定可行性評估相關重大建設計畫。<br>完成可行性評估之地方建設計畫或城鄉發展建設地區，有具體規劃內容及財務計畫者。 |
|        | 第 3 類   | 原住民族土地範圍內原依區域計畫法劃設之鄉村區得予劃設  |

在國土功能分區劃設的實際作法方面，根據 2017 年 11 月公告之全國國土計畫(草案)內容，將劃設順序說明如下：

國土功能分區之劃設順序，考量國土保育、全國糧食安全、產業及居住發展，其先後順序依次以國土保育地區及海洋資源地區、農業發展地區、城鄉發展地區為原則。

各國土功能分區下之分類，其劃設順序如下：

各國土功能分區下，考量法律保障既有權益原則，如涉及下列地區者，優先劃設。

依國土計畫法 23 條第二項規定的都市計畫法或國家公園法進行管制之地區。

已核發開發許可之地區。

原依區域計畫法劃設工業區及鄉村區。

其他海域劃設為海洋資源地區。

國土保育地區第二類為允許有條件使用，為確保糧食安全，涉及農業生產地區應優先劃設農業發展地區。

除前開優先劃設之地區外，國土保育地區按其環境敏感程度由高至低依序劃設，農業發展地區按農地資源品質由高至低依序劃設。

由上述歸納可知，國土保育區應為優先劃設的區域。其中，國土保育地區第二類涉及農業生產地區應優先劃設農業發展地區。因此，雖宜農牧地及宜林地未來可能將歸於農業發展地區第三類。然而，以劃定順序而言，係排序在國土保育區的第一類、第三類及第四類之後。在此情況下，未來依據上述各功能分區之定義與劃設原則進行劃定後，宜農牧地或宜林地並非一定會歸類於農業發展區第三類。舉例而言，若一特定地號為宜農牧地，但坐落在國土保育區第一類之範圍內，如圖 4，依照國土計畫法功能分區劃設的精神而言，應被歸屬於國土保育區第一類，其使用方式則從可供農耕使用，轉變為「應以保育及保安為原則並得禁止或限制使用」。如此在土地使用管制上可能的轉變，即可能造成民眾不同程度之影響。因此，在國土計畫法已正式實施的同時，如何調整查定工作的標準流程，使其對民眾的影響能降低，即成為一個重要之議題。

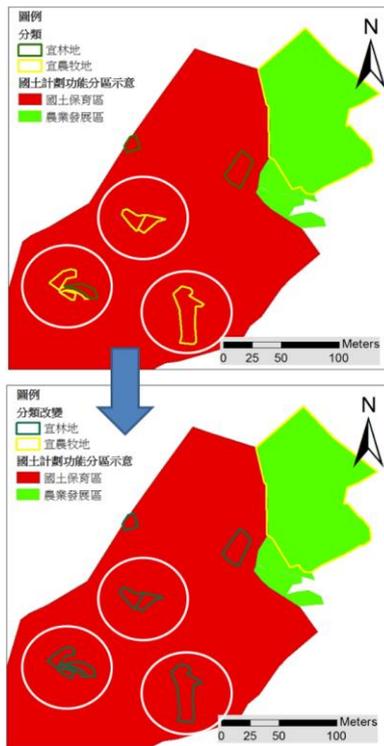


圖 4 國土功能分區與查定成果差異之示意圖

#### (4) 山坡地土地可利用限度分類判定之最佳化模式建置

透過景觀生態指數的回顧可知，景觀生態指數可量測並描述地景的空間結構，是能反映地景結構組成和空間配置特徵的定量指標。本研究以 McGarigal & Marks 研發的 FRAGASTATS 軟體進行景觀指數之運算，該軟體計算的指標共有 55 個指標，考量本研究需求與後續研究應用之可行性，篩選合適的指數進行評估以及後續最佳化之計算。McGarigal and Marks 指出景觀分割度指數(DIVISION)代表連續嵌塊體面積分布，表示某類土地利用類別中任選之兩個嵌塊體其不連續的機率。景觀分割度指數(DIVISION)在 0~1 之間，當 DIVISION 為 0 時表示景觀中只有單一嵌塊體，當 DIVISION 接近 1 表示碎形嵌塊體多為單一且小面積之嵌塊體。在本研究於景觀整體性及保育水土資源的考量之下，DIVISION 指數為越小越佳。

$$DIVISION = 1 - \sum_{j=1}^n \left( \frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \quad (1)$$

在山坡地土地可利用限度分類之決策模式方面，目標函數設定為降低民眾影響以及降低環境衝擊等兩大目標。因此，本研究所設定的目標函數之一，係為利用景觀生態指數計算之改變率。而為計算相關景觀指數，係採用美國 Oregon State University 森林科學系開發用於計算景觀相關指數的軟體 FragStats，可藉由輸入指定格式的土地利用圖資以計算景觀指數。其後，在模擬退火法進行最佳解的搜尋過程中，將出現不同的土地利用之組合，計算求得之景觀指數也不同。因此，必須將 FragStats 納入模擬退火法搜尋過程中，本研究以 Matlab 撰寫程式語言，藉以串聯模擬退火法及 FragStats，達到自動化搜尋之效果。

最後，因山坡地土地可利用限度分類之決策模式，係為多目標規劃的求解過程，而模擬退火法則是單一最佳目標之搜尋。故本研究以分階段求取非劣解的方式進行，模擬退火法之目標函數設定為環境衝擊指數，接著由小至大將限制式設為總變動面積，多次執行模擬退火法，找尋在特定總變動面積下，擁有最小環境衝擊之之組合。最後再將非劣解繪製成權衡曲線，搜尋非劣解之示意如圖 5 所示。

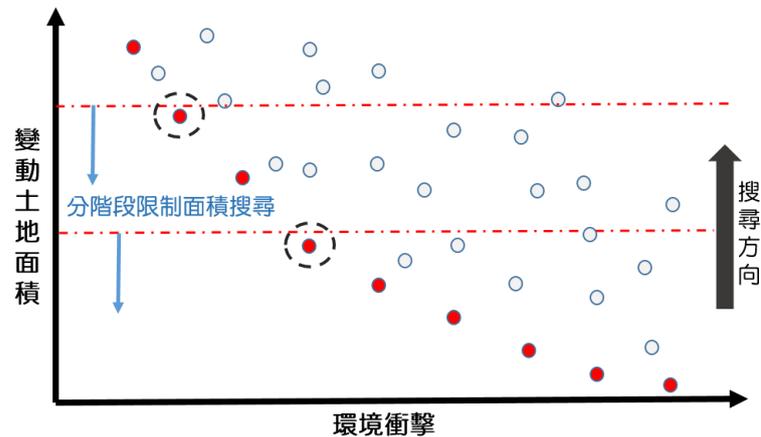


圖 5 非劣解搜尋示意圖

根據以上所建置完成之山坡地土地可利用限度分類決策模式，本研究將其應用於新竹縣之合興段與石湖段。多目標決策模式之最大可變動面積，即為分析場域中，原土地利用分類屬宜農牧地者之面積，其中合興段與石湖段之最大可變動土地筆數分別為 296 及 409 筆，且合興段及石湖段模式判定結果將分別描述如下：

### 1. 合興段

合興段經由模式所獲得之權衡曲線如圖 6 所示，在環境指數變化率為-1.14%時(A 點)，係為權衡曲線斜率的改變點、B 點為考量環境衝擊之方案參考點、C 點為考量民眾影響方案之參考點；在此種情形下，分為 I、II 兩段斜率，在圖 6 中第 I 段斜率約為-19.8、斜率較小，意即在降低一定程度環境衝擊的情況下，改判土地面積較少；然而，第 II 段斜率約為-45.6、斜率較大，意即從 A 點往左開始，降低一定程度環境衝擊的情況下，改判土地面積較多。因此，在希望能改判較少面積之土地，即達到一定程度降低環境衝擊效益之情況下，A 點最靠近原點，即為權衡曲線內的最佳解決方案。合興段現況與 C、B、A 三點之比較分別如圖 7、圖 8、圖 9 所示：

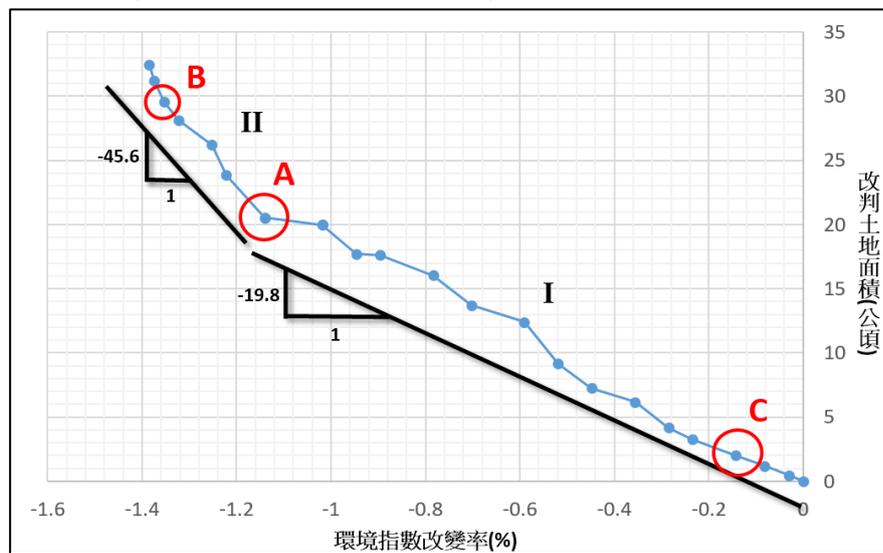


圖 6 山坡地土地可利用限度分類決策模式之權衡曲線(合興段)

首先，在希望對民眾的影響盡量少(改判面積較小)的情況下，以 C 點進行示範說明，C 點屬民眾影響較小、環境衝擊較高之方案，改判為宜林地面積 2.005 公頃、改判土地數量 23 筆、環境指數改變率-0.143，由圖 7 可知改判之土地特性多屬於面積小、且獨立於宜林地之中的宜農牧地，如圖 7 白色標註圈選處。此類土地因有獨立於宜林地中之特性，故更改為宜林地時可增加土地的完整性；再者，若以較偏向考量環境衝擊影響的解決方案而言，以 B 點進行示範說明，改判面積為 29.590 公頃、改判土地數量 213、環境指數改變率-1.354，由圖 8 可知改判數量增加的情況下，整體性更佳，惟在部分與不屬查定範圍相連或地籍面積較小的地號仍維持原判定結果；最後，A 點為模式分析出之最佳權衡方案，改判為宜林地面積 20.535 公頃、改判土地數量 136、環境指數改變率-1.140，由圖 9 可知權

衡方案改變的地號主要係為原本較為獨立的區塊，使宜林地的區域範圍較具整體性，達到對環境衝擊降低的狀況，且改判之面積較B點少，為同時考量環境衝擊與民眾影響之權衡結果。

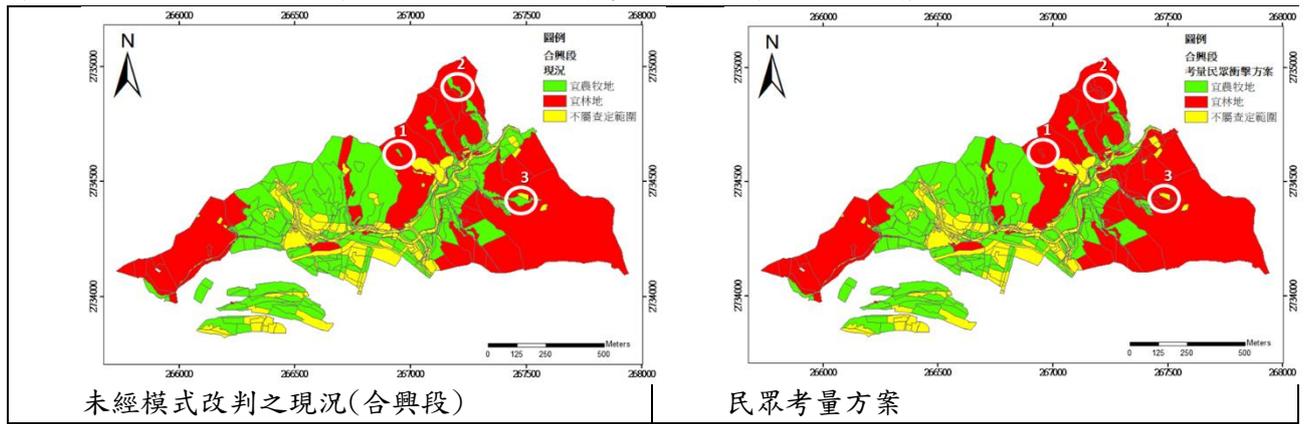


圖 7 民眾考量方案之分類決策模式改判成果展示(合興段)

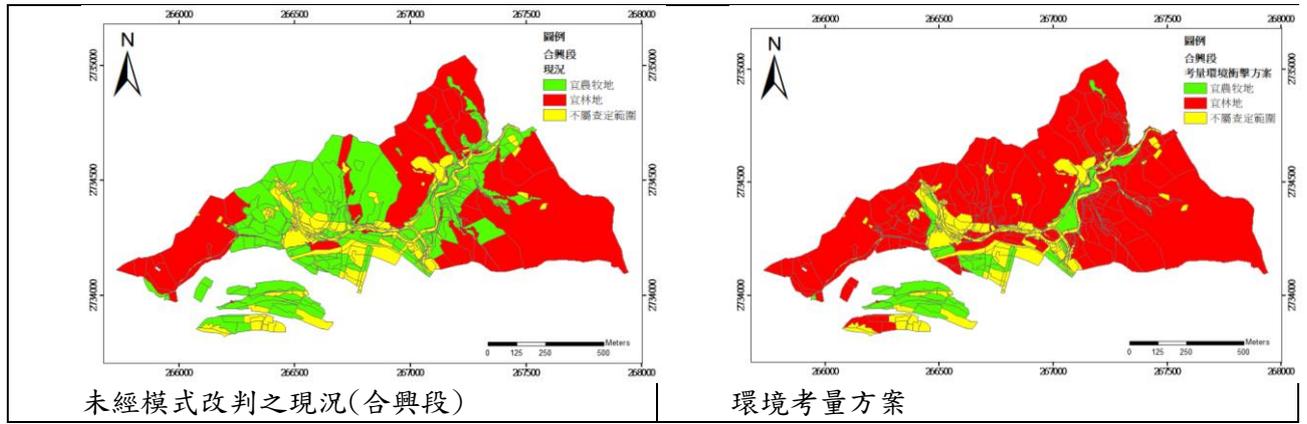


圖 8 環境考量方案之分類決策模式改判成果展示(合興段)

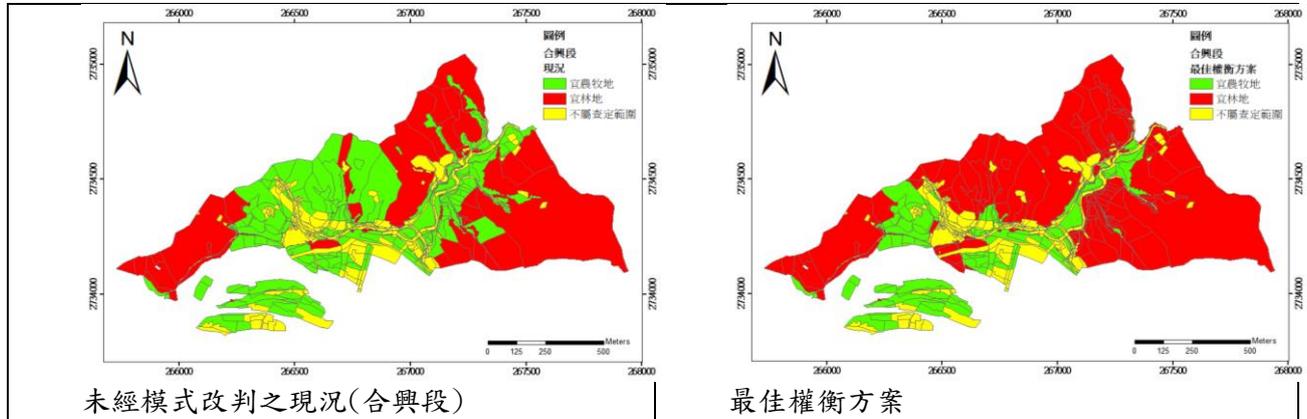


圖 9 最佳權衡方案之分類決策模式改判成果展示(合興段)

## 2. 石湖段

石湖段經由模式所獲得之權衡曲線如圖 10 所示，權衡曲線在環境指數變化率為-3.15%(a 點)以及-13.01%(b 點)時，皆為斜率改變點，兩點將權衡曲線分為 I、II、III 三段。第 I 段斜率約為-0.3，變動面積約為 1.0 公頃，表示在變動面積 1 公頃內，變動較小面積即能大幅減低環境衝擊，但環境指數變化率只可至-3.15%；第 II 段斜率為-19.8(%)，表示在 a、b 兩點間(即變動面積於 1.0 至 48.0 公頃間)，若需降低 1%之環境指數變化率，則需變更約 19.8 公頃之宜農牧地為宜林地；第 III 段之斜率為-37.6；表示在降低一定程度環境衝擊的情況下，改判土地面積較 I、II 段多。由以上敘述，在希望能改判較少面積之土地，即達到一定程度降低環境衝擊效益之情況下，a、b 兩點皆為最佳方案，其中 a 點為偏向民眾影響考量之權衡方案、b 點則為偏向環境考量之權衡方案。合興段現況與 a、b 點之比較如圖 11、圖 12 所示：

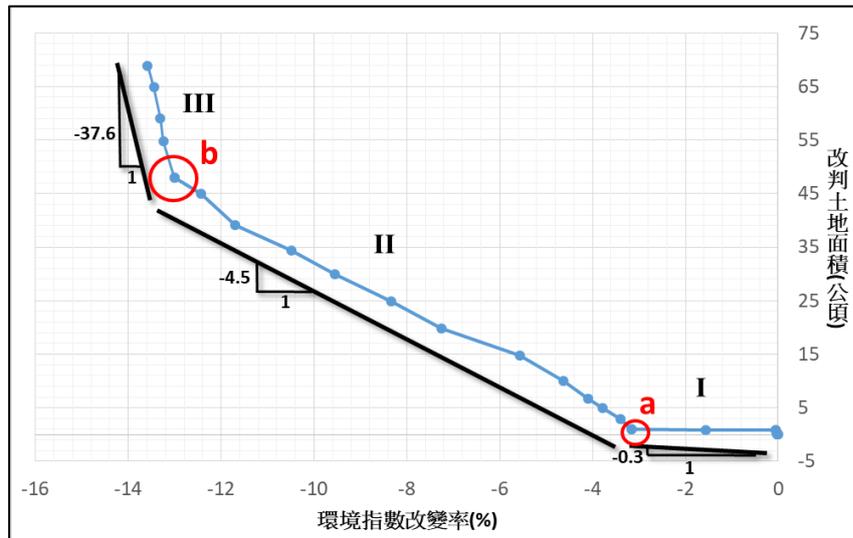


圖 10 山坡地土地可利用限度分類決策模式之權衡曲線(石湖段)

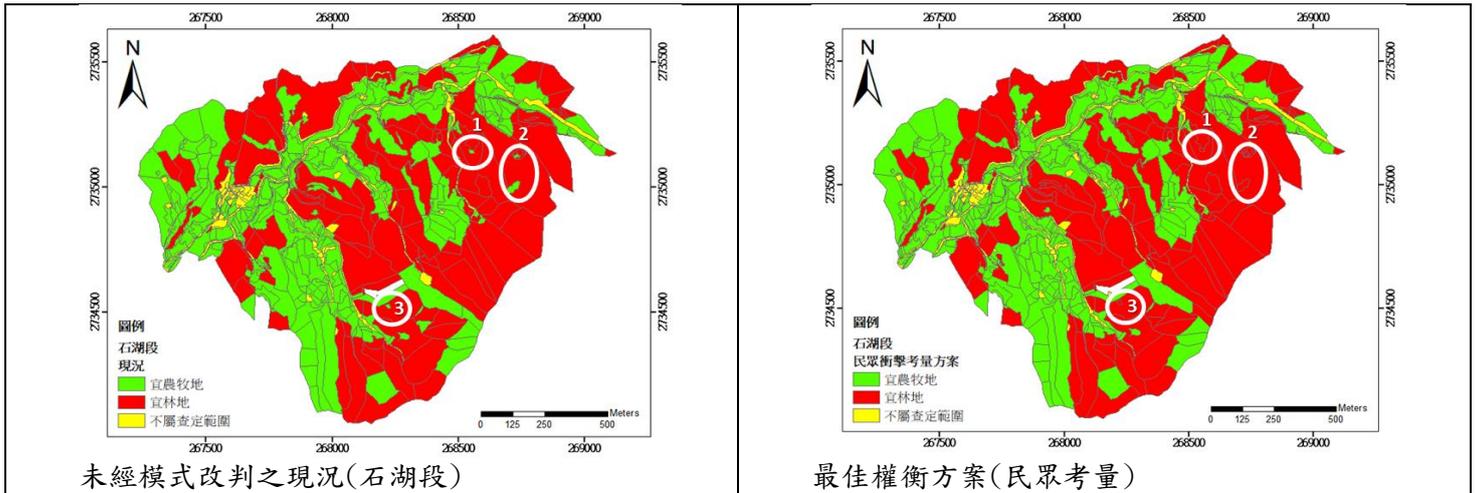


圖 11 最佳權衡方案之分類決策模式改判成果展示(石湖段)-1

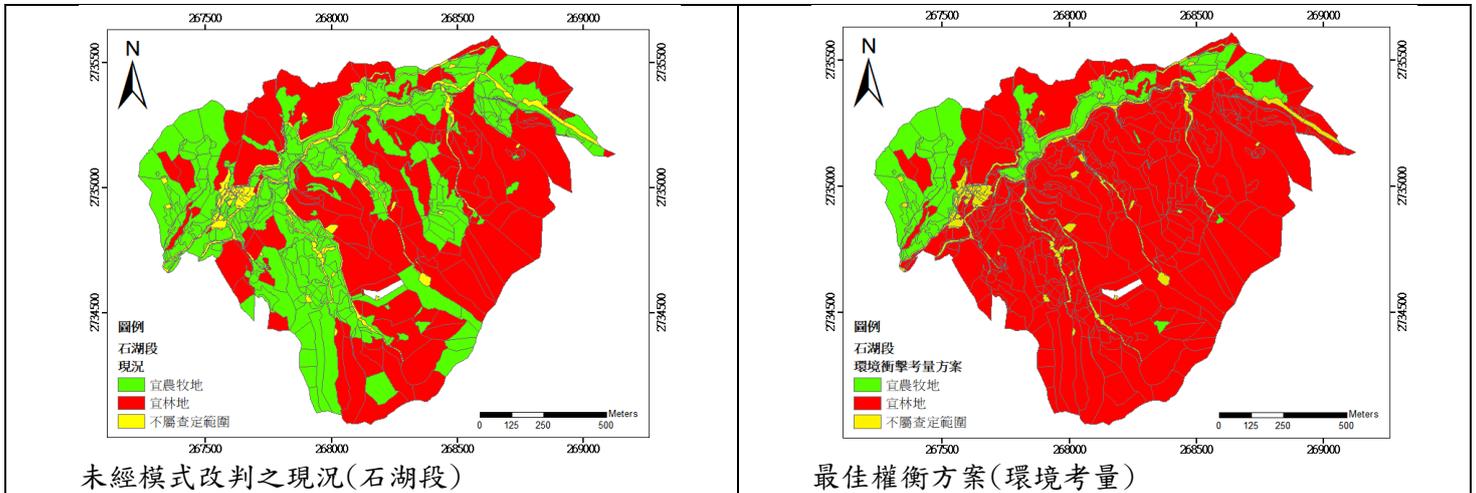


圖 12 最佳權衡方案之分類決策模式改判成果展示(石湖段)-2

石湖段之分析結果具有兩個斜率轉折點，a 點之權衡方案改判為宜林地面積 1.004 公頃、改判土地數量 14、環境指數改變率-3.152，民眾影響較低。由圖 11 可看出優先改判獨立於宜林地之中的宜農牧地效率較佳，與本研究希望保持景觀完整性及保育水土資源之目的相符，如圖 11 白色標註圈選處；b 點之權衡方案改判為宜林地面積 47.995 公頃、改判土地數量 319、環境指數改變率-13.011，由圖 12 可知除鄰近不屬查定範圍之部分土地未改判外，多數宜農牧地皆改判為宜林地，石湖段亦從原土地利用較獨立之土地，成為高整體性之國土用地，環境衝擊較低。於石湖段案例中，a、b 兩點皆可視為權衡方案。

### 3. 分類判定結果之現勘確核與標準作業流程之建置

目前水土保持局根據山坡地保育利用條例，應辦理山坡地土地可利用限度查定工作，依循土地可利用限度分類標準，完成宜農牧地、宜林地、加強保育地之查定。然而，在實際查定的過程中，可能造成特定地號的判定結果與周遭其他地號存在著較大的差異，也導致整體景觀或生態有較為負面的衝擊產生。因此，透過本研究針對環境衝擊影響程度的量化，搭配多目標決策規劃分析模式的建置，可提供未來查定工作在面臨上述議題時，有充分的理論依據及科學化的決策過程，始判定結果之爭議或對各方的影響能降至最小。

以本研究之示範區域合興段及石湖段為例，針對以原有圖資判釋為宜農牧地，但其周圍皆是宜林地的地籍，以衛星影像搭配現場勘查之方式，檢視其土地使用與周遭之現況，進而提供將其改判為宜林地的適宜性。茲將彙整如圖 13 及圖 14 所示。由下圖檢視結果可知，新竹縣橫山鄉合興段地號，圖資平均坡度為 33.89%；橫山鄉石湖段 360 地號，圖資平均坡度為 40.8%，兩筆地號於現場坡度與圖資相符，且現況林相皆為原始林狀態，另周遭植生茂密，考量整體景觀或生態之完整性，應可進行宜林地之改判。

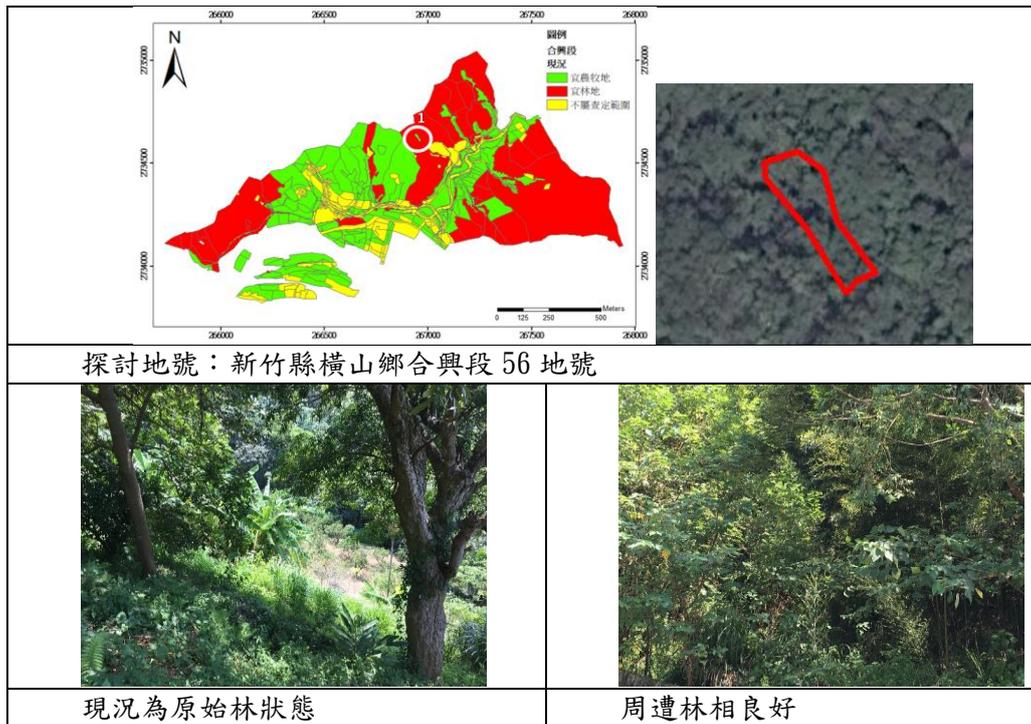


圖 13 合興段改判地號之現況檢視結果

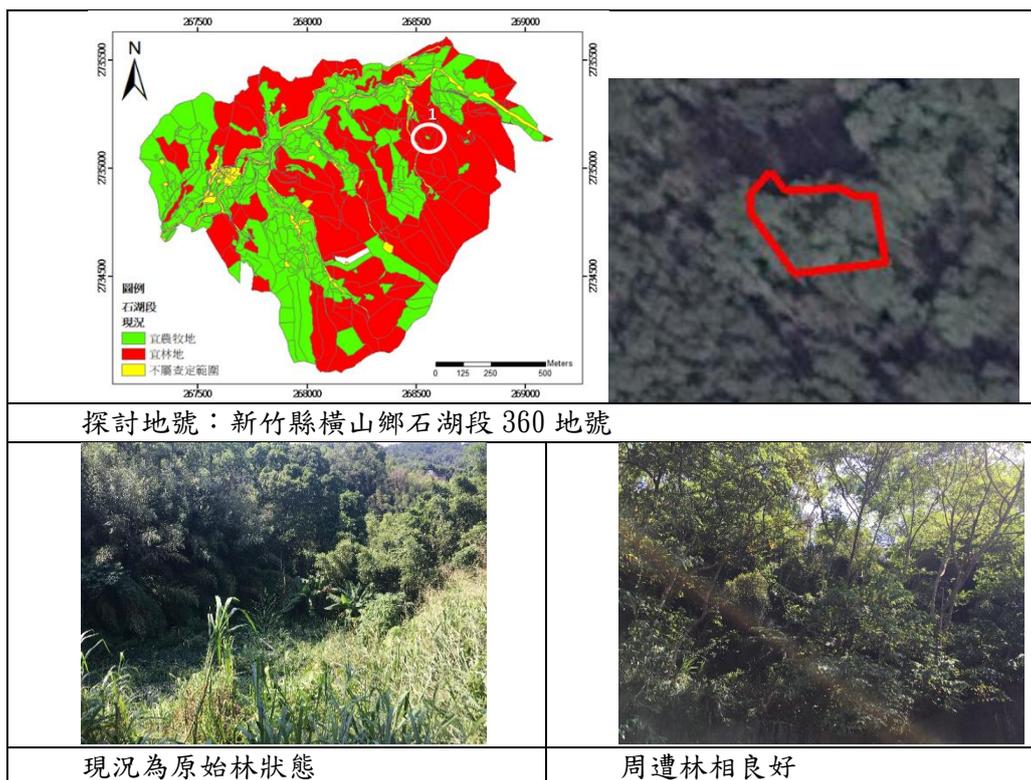


圖 14 石湖段改判地號之現況檢視結果

綜合上述，本研究提出未來在進行土地可利用限度查定之標準作業流程如圖 15 所示。由圖 15 可知，在原有查定工作流程的基礎下，也源於本研究之成果，建議依據四大基準資料進行分類判定後，先依據本研究發展的多目標規劃模式進行決策分析，同時也納入未來國土功能分區之考量。其後，再透過現地勘查針對周圍地號利用現況及整體自然環境等進行檢視，進而確認最終之山坡地土地利用限度分類成果判定與公告作業。整體結果可供後續內業圖資分析及現場查定人員等，作為分類判斷之依據。

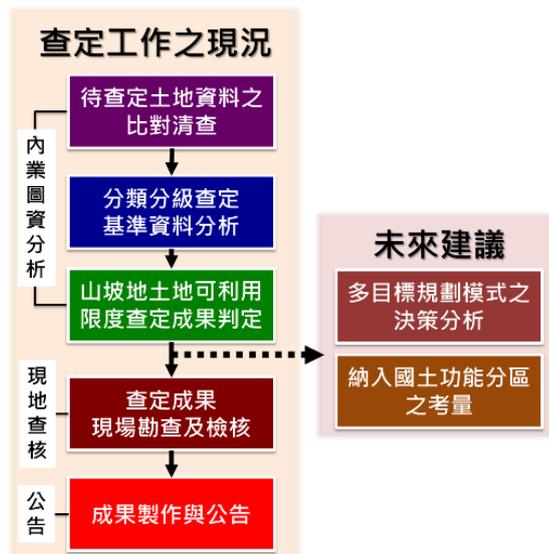


圖 15 查定工作之建議標準作業流程

#### 四、結論

##### 1. 結論

- (1) 依據宜農牧地、宜林地、加強保育地與國家公園範圍的定義與使用限制，結合國土計畫法各種功能分區的劃設及使用原則，釐清既有查定工作在國土計畫法實施後可能面臨的問題。
- (2) 環境衝擊影響之評估指標方面，篩選出景觀分割度指數，對應景觀整體性與保育水土資源等目標；再者，以改判地號面積作為對民眾影響之因子。其後，透過模擬退火法進行多目標規劃之求解，以合興段及石湖段之全部地籍為例，找出山坡地土地可利用限度分類之最佳權衡曲線，提供後續進行分類判定之依據。
- (3) 結合既有山坡地土地可利用限度之查定工作流程、本研究發展之多目標規畫決策模式及因應國土計畫法之納管方式，提出未來在進行土地可利用限度查定之標準作業流程。整體結果可供後續內業圖資分析及現場查定人員等，作為分類判斷之依據。

##### 2. 建議

- (1) 在國土計畫法已正式實施的同時，若純以既有圖資進行分類結果判定，可能造成特定地號的判定結果與周遭其他地號存在著較大的差異，致使產生有違國土計畫法意涵之結果。
- (2) 既有之山坡地土地可利用限度分類結果的判定，除查定基準因子的考量外，亦應納入整體環境、景觀或保育的思維，來輔助進行分類結果的最終判定，始可確保國土的整體性，進而達到永續發展之目的。
- (3) 在查定工作的執行上，可參照國土計畫法內，各種國土功能分區的劃設原則以及整體性環境、景觀或保育的考量，針對山坡地土地可利用限度查定工作要點的內容進行檢視，並且因應上述情形進行適當之修正，以利於後續內業圖資分析及現場查定人員等，作為分類判斷之依據。

# 運用互動虛實整合於水土保持之網路教育推廣與成效分析

國立虎尾科技大學 蔡鴻旭教授

## 一、前言

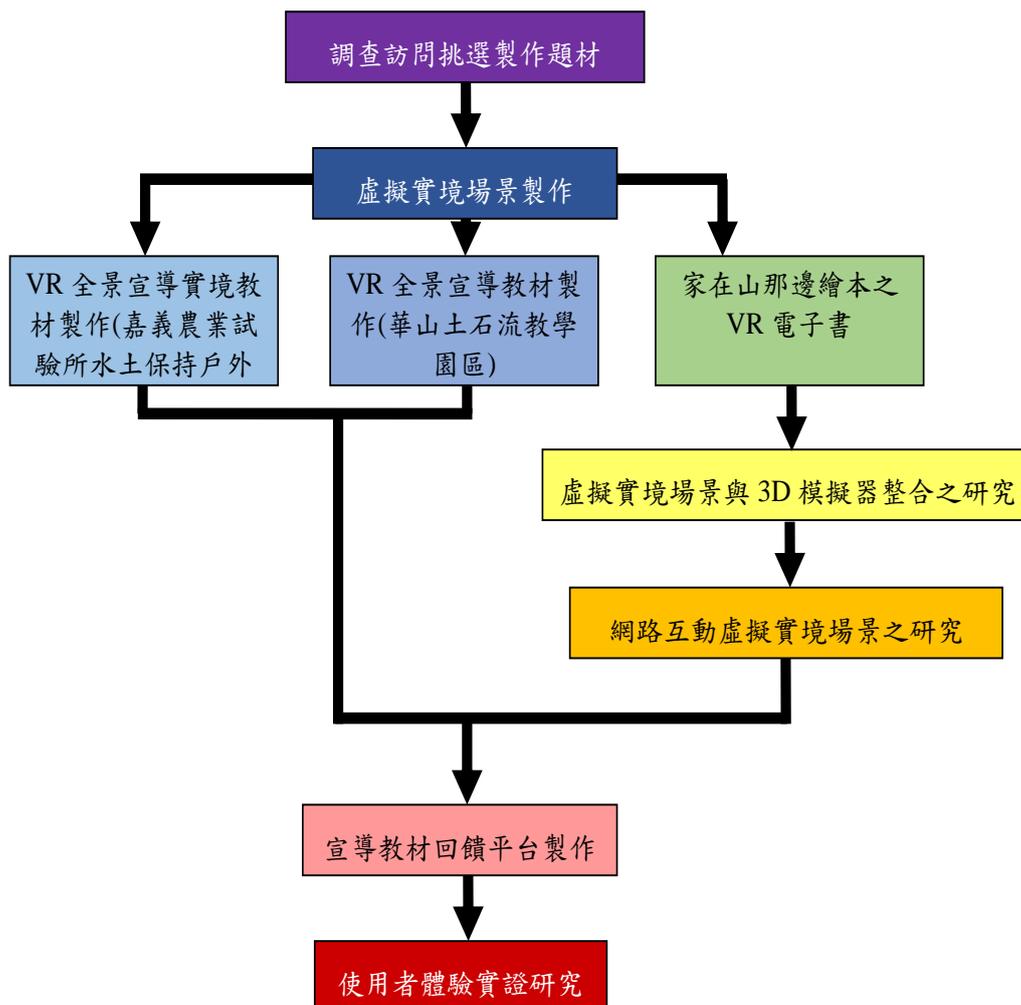
行政院農業委員會水土保持局為推廣水土保持及防災教育之重要觀念，除了各分局成立戶外教室提供實況解說，也提供在網路上觀看水土保持宣導視訊影片，可是，目前正面臨以下問題：

- 以實地現況解說及擴增實境(augmented reality, AR)，雖然有臨場感可是需要到達定點來體驗，因此，提高其擴散度有其困難。
- 經由網路觀看水土保持宣導視訊教材，雖然可提供其擴散度，缺點是其學習模式不具互動性及缺乏臨場感，學習成效不高。
- 目前也有發展虛擬實境(virtual reality, VR)的相關操作系統，但需要非常昂貴的軟硬體設備，不易推廣。

本計畫欲提出一個虛實整合技術來製作具互動性與臨場感的展場影片，透過網路及智慧型手機與簡易式頭戴裝置，即可觀看 VR 影片及互動，同時也具擬真的臨場感。因可以經由網路來操作，藉此，將快速地提高本計畫成果的滲透度與普及化。

## 二、研究方法

本計畫主要的研究方法中的工作執行如下圖的工作流程圖所述。



圖：本計畫研究方法之工作流程

主要的研究方法如下所述：

- 調查訪問挑選製作題材：製作題材先以水土保持相關之宣導教材(含防災疏散避難機制、閱讀繪本與戶外教室導覽)之主題為範圍：撰寫調查訪問相關題材、實地訪查、調查訪問(詢問)事項。
- 虛擬現實場景製作：尋找 3D 物件及虛擬場景工具及開發技術調查。
- VR 全景宣導教材製作：主要分成三項工作，腳本製作、實地拍攝、後製剪輯，完成初步影片後，再校稿，再重製影片，直到正確為止。
- VR 電子書宣導教材製作：進行虛擬現實場景與 3D 模擬器整合之研究，首先，進行 VR 電子書 3D 物件製作，接著，VR 電子書虛擬實境場景製作，再來，3D 物件與虛擬實境場景，再者，進行互動虛擬現實場景之研究，最後，網路互動回饋製作。
- 宣導教材回饋平台製作：整合 VR 電子書的網路互動回饋與測試。
- 使用者體驗實證研究：實施教學實證研究，探討認知學習成效。

本計畫已經產出 3 部 VR 宣導性教材影片，一部是繪本導向 VR 電子書，繪本是家在山那邊，兩部以全景式的方式製作 VR 宣導影片，主要的內容呈現以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室內的教學設施為主題。繪本導向 VR 電子書內容是家在山那邊繪本內容，嘉義農試所水土保持戶外教室全景影片有六項主題：覆蓋作物根系與人工模擬降雨沖蝕觀察、橫向排水、跌水、擋土設施及野溪整治、平台階段、農塘與固床工。華山土石流教學園區全景影片有六項主題：生態工法與砌石工法、猴洞橋、梳子壩、觀測站與土石流感測器、格柵壩與預鑄型鋼管壩、土石流教學園區防災疏散避難。本計畫產出一部繪本導向 3D VR 電子書，利用 Unity 來製作，兩部以全景式的方式製作 VR 宣導影片，主要的內容呈現以華山土石流教學園區及嘉義農試所水土保持戶外教室內的教學設施為主題。

本計畫以準實驗設計(qusi-experiment)實施教學實證研究，探討認知學習成效。實驗是針對中部大專院校學生(45 位)實施學習施測，利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書，以前後測進行比較，採用相依樣本 t 考驗分析，瞭解觀看 VR 教材的學習成效差異。結果顯示在下列構面：沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能、臨場感都有顯著差異。即利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書，結果顯示學生觀看 VR 電子書在下列構面：沉浸經驗、學習動機、學習互動、自我學習效能、臨場感優於沒有觀看的情形。

### 三、研究成果與討論

本計畫的研究成果是產出 3 部 VR 宣導性教材影片，其中，利用智慧型手機與 VR 頭戴裝置觀看 VR 電子書之活動，由施測實驗數據顯示，可以得到下列觀察，觀看本計畫產出 VR 電子書之宣導性教材影片是有助於學習水土保持及防災觀念，並達到有效的學習成效。另外，由於 VR 電子書可至於網路提供下載至 Android 手機(建議記憶體為 3GB 以上)即可觀看，應可以達到快速地宣導效果，全景影片觀看可以跨平台，沒有硬體的限制，置放於 youtube 網站，可自由下載，因此，可以解決目前推廣工作所面臨問題。

執行本計畫已經獲得下列主要的創新技術，其說明如下，

- 全景影片後製特效創新技術，整合多樣媒體格式，例如：文字、影像、空拍視訊等
- Unity 產出的 APP (APK) 可用來閱讀 3D VR 電子書。
- 系統提供互動功能，例如：讀者可以線上即時回饋答題資料至雲端資料庫。

### 四、結論

本計畫產出 VR 電子書之宣導教材影片，初步的施測實驗結果顯示，確實有助於學習成效提升。由於，VR 電子書可置於公開網路提供下載，同時，VR 全景影片可以跨平台觀看，一般手機硬體規格即可撥放，因此，VR 電子書及 VR 全景宣導性教材影片具高擴散度，也有助於學習水土保持及防災觀念達到有效且快速地宣導效果。另外，VR 電子書有互動功能設計，可以將觀看影片時的學習回饋資料即時上傳至雲端資料庫，有助於提供水保局後續的效益分析。

# 以群眾智慧應用行動地圖工具進行農業資源調查之可行性研究

醒吾科技大學 張李治華 助理教授

## 一、前言：

本計畫可以在社區轉型中促成社區與社區之間有更多有效的強連結；包括，災害防救、農業資訊以及缺工訊息傳遞及分享；因此，怎麼運用科技工具建立社區轉型的經濟記錄、發展記錄，並改善農業調查或農業災害，仰賴普查及農民自主填表回報的即時性與執行效率，為啟動本次研究的緣起。另外觀察到近年食安問題，讓消費者對於農產品來源有更多關注，該些經濟作物通常又是轉型中社區或再生農村很重要的經濟來源，而該資料若能正規化，會對該區的社區營運帶來更多數據分析及改善建議之用。本計畫以實作透過行動地圖調查工具架構，作為農業資源或設施之回報機制；結合觀光旅遊族群促其發揮群眾智慧，針對景點、農業特色點、水圳、特色農村、等農業資源，以簡單的定位、拍照、記錄三步驟完成行動圖資調查，輔以訪談及觀察，產出並分析內容，加上開放資料之對應出之農業資源調查與記錄圖資，達成農村社區聯防、訊息分享與觀光應用之推廣成效。

## 二、研究方法

以實作透過一個行動地圖調查工具架構，作為農業資源或設施之回報機制，嚐試結合不同族群促其發揮群眾智慧，參與將農村風光、特色農村、老樹、廟宇等設施，以簡單的定位、拍照、記錄三步驟完成行動圖資調查，輔以訪談及觀察，產出並分析文件內容，加上歷史災害資料之對應，推論出實際應用案例為本次研究方法。

## 三、研究成果與討論

### (一)產出一合適行動調查工具

在現有的地圖工具中，普羅大眾很容易立即連想的就是 Google Map 工具。很顯而易見的，在現有手機的分佈中，Android 的使用者的確佔了很大的佔比。本計畫提出除能支援此二市場成熟之地圖繪製工具，以同時收錄其資料之搜集。

### (二)進行使用者經驗工作坊進行前測

針對行動用戶中最易接受新科技應用之年輕人與最不易接受新科技之年長者進行工作坊介紹與測試，找出在最易接受與最不易接受新科技之使用群組中最佳的使用者經驗(UX, User Experience)。

### (三)結合社區實作坊進行調查回饋

針對新竹縣特有的農林地地形，結合社區熱心志工與服務者，進行系統驗證與調查之大規模實作活動。並於每個實作坊中進竹現地調查與回饋檢討，讓系統以 Scrum 之滾動式方式修正系統規格，並讓社區用戶可以除了農業調查外，還能於計畫結束後繼續使用維護好資料回饋習慣。

### (四)產生農業調查地圖並進行學術發表

本計畫產生之農業資源調查產出一資源地圖。本研究架構也將進行學術發表與推廣，讓新竹縣社區應用之餘，也得以提供本國其他縣市地區及更多對水保議題較未涉入的讀者與客群，能更清楚如何應用此工具的技術發展進程，自主或配合著進行社區農業調查與資源分享。

### (五)研擬應用建議：

本計畫的研究成果，除了爭取學術發表之一次性推廣外，亦匯整相關記錄 QR 碼作為芎林鄉桶柑

銷售之用。讓計畫成果不只為一次性活動，也可以在網路效應的發揮下，擴大記錄者之記錄成效，並轉化成新型態商機。

#### 四、結論

(一)以一行動地圖工作，結合群眾智慧之匯整為可行架構。

然目前諸多使用者習慣採 Google Map，計畫本身雖具能匯整眾人智慧之實，在未來推廣上即易需要更大作為，方有機會促成本應用之推動。

(二)群眾智慧需制定一可驗證可追蹤之機制

本計畫為一群眾智慧方式搜集相關農業資料，的確可能存在資料誤判或誤置的情況。本研究構想設計了二階段方式進行驗證與管理及即時架構，更建議能納為局內未來推廣之用。

(三)國內軟體業者進行服務項目之推動仍具困難度

國內氛圍仍存在「不願意花十年培育一個台灣自有之地圖工具」之實。國內軟體推動著重於用戶數增加，卻易造成以點數換用戶數現象，二方現象皆道出軟體發展於國內實難彰顯其成效。

(四)由上而下宣導此行動地圖工具，結合群眾智慧成為調查主架構

爾後之農業資源調查資料，得以採用本計畫提出之資料表單與格式。採用本架構搜匯之便，以及其他跨單位之 API 串接，皆可不再經格式轉換，減少行政人力為不同資料潔淨度所耗費轉換格式之人力時間成本。。

(五)著重於群眾智慧回饋制度之可驗證可追蹤性

建議可參酌本計畫的作法以人工檢視及系統進行驗證二者進行；並在計畫進行過程中，先瞭解資料驗證的限制，再予以修正人工或系統自動匯入的權重。第一步驗證的演算機制為：由多數的回報中偵測出多數明顯的錯誤，再者資料微幅的偏差狀況則適時結合其他實監測計畫的品質，以降低資料發生問題的機會。而錯誤回報之資料保存、剔除或以正確回報取代的部分，則委由專家進行判斷，以確保資料正確性。

(六)以長期滾動式方式進行公私協力計畫

雖國內氛圍仍存在「不願意花十年培育一個台灣自有之地圖工具」之實。局內確能以一實務搭配政策方式，長期培育合適軟體業者，以公部門提出在地規劃方向，再由地方與軟體業者進行長期滾動式合作，找出最合適於該區域之發展供需；並於計畫結束後，由該承接業者進行營利維運之實，方能開創合適之公私協力計畫之完善作為，並以諸多案例彰顯計畫能長期營運之效。