

出國報告(出國類別：考察)

## 水資源規劃及管理風險分析技術研習

服務機關：經濟部水利署第七河川局

姓名職稱：吳國銘副工程司

派赴國家：美國

出國期間：102年5月18日至5月27日

報告日期：102年8月

## 謝 誌

本次出國參訪感謝 鈞署田副署長、江副總工程司、葉副總工程司選派及本局吳局長、李副局長及鍾課長等長官們推薦，進而獲選經濟部水利署 102 年度水資源作業基金出國計畫之一員。

另特別感謝本次出國研習課程中，由美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)安排本次的課程，並由衷感謝研習課程的教師 Dr. Charles E. Yoe 與 Dr. David A. Moser 教授「Risk Analysis for Water Resources Planning and Management」課程，最後感謝於本次課程實作 LAB 中，我的拍檔 Andy 及常幫助我的隔壁同學們 Ken、Michael 及 Angela Duren 於課程中的關心與照顧。

# 目 錄

謝誌.....	i
目錄.....	ii
表目錄.....	iii
圖目錄.....	iii
摘要.....	iv
第一章 目的.....	1
第二章 研習過程.....	2
一、本次研習行程.....	2
二、參訪機關介紹.....	3
三、水資源規劃管理之風險分析研習.....	4
(一) 本次課程進行方式簡介.....	4
(二) 本次課程內容概述.....	6
第三章 心得與建議.....	11
第四章 參考文獻.....	15

## 表 目 錄

表 1 參訪行程表.....	2
----------------	---

## 圖 目 錄

圖 1 水文工程中心位置圖.....	3
圖 2 研習課程實錄.....	5
圖 3 風險評價、風險管理與風險溝通之關係.....	6
圖 4 洪災風險管理手段與可減低風險.....	7
圖 5 估算風險的模型.....	8
圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖.....	9
圖 7 常用的機率分佈曲線.....	9
圖 8 三門問題.....	10
圖 9 街道上的雨水下水道.....	13
圖 10 雨水下水道近照.....	13
圖 11 邊坡圍籬欄杆及告示牌.....	14

## 摘 要

本次參訪主要目的為參加美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)於 102 年 5 月 20 日至 5 月 24 日於位於美國加州 Davis 市之水文工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)所舉辦「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程(Risk Analysis- WRP & M)」，學習風險分析及管理觀念應用於水資源及防洪工程，還有相關程式之運用。

本次課程為風險分析主要包含三大主題，包括風險溝通、風險評估及風險管理。其中風險管理是一個過程，其步驟包含尋找問題及採取確認、評估、選擇、行動、監測與修正等行動來減少風險，並與未採取行動下的風險進行比較。而風險溝通屬於風險分析中重要的一環，如何將正確的風險管理觀念傳達給溝通對象、社會大眾、利害關係人是一項重要的議題而其溝通的方式會隨著風險的高低與危害的規模而有所差異。而風險評估的模型，基於解析與科學的步驟則包含以下四個:找尋不確定而可能發生的災害或機會、定性或定量的估算可能造成的結果、定性或定量的評估風險發生的可能性、風險的特性描述。

*關鍵字：水資源規劃與管理、風險分析、水利工程中心*

## 第壹章 目的

氣候變遷及局部地區微氣候近年來已經帶給我們明顯的感受，尤其是今年夏季全球各地異常炎熱、異常強降雨不斷，短延時的強降雨發生機率大增，並已在世界多國造成極大的影響(水災、熱浪、冰原融化、海平面上升等)，未來對於水資源規劃與管理上設計及考量，必須多方面思考尤以自然環境、災害潛勢區及防災需求等面向納入考量，且現今大量開發新城鎮、都市人口密集度高，如何有效提高區域防洪防災能力並且事先做好風險分析、管理等，便成為重要的課題。例如在評估考量各項防洪防災減災工程興建規模與效益前，其風險分析與管理則是重要的前置作業，故應借鏡先進國家經驗，尋求符合永續發展之治水對策，可供未來治水政策推動之參考。

本次研習課程的主辦單位為美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)轄下之水利工程中心(Hydrologic Engineering Center, HEC)主要研究領域為地表與地下水水文、河川水力與傳輸、水文統計與風險分析、水庫系統分析、規劃分析、及時控制與管理與其他相關之技術。USACE 訂於 102 年 5 月 20 日至 5 月 24 日於美國加州 Davis 舉辦「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程(Risk Analysis- WRP & M)」，教授洪災風險管理最新之觀念與技術，此為學習水資源規劃及管理風險分析觀念與技術之良好機會。

研習課程的目的主要是將水資源規劃及管理之風險分析的觀念導入防災減災工程考量及設計方向，進而延伸至待建或現有構造物的維護管理與操作。風險分析是決策過程中重要的工具之一，用於評估方案執行與不方案執行的風險程度，與方案執行時如何減少財務與非財務損失的風險。透過此次課程的學習，可將風險分析的觀念應用於未來相關的防洪防災減災工程的評估、設計與設置，並以應用於未來在相關工程政策與計畫研擬的方向，可供決策者參考。



## 第貳章 研習過程

### 一、本次研習行程

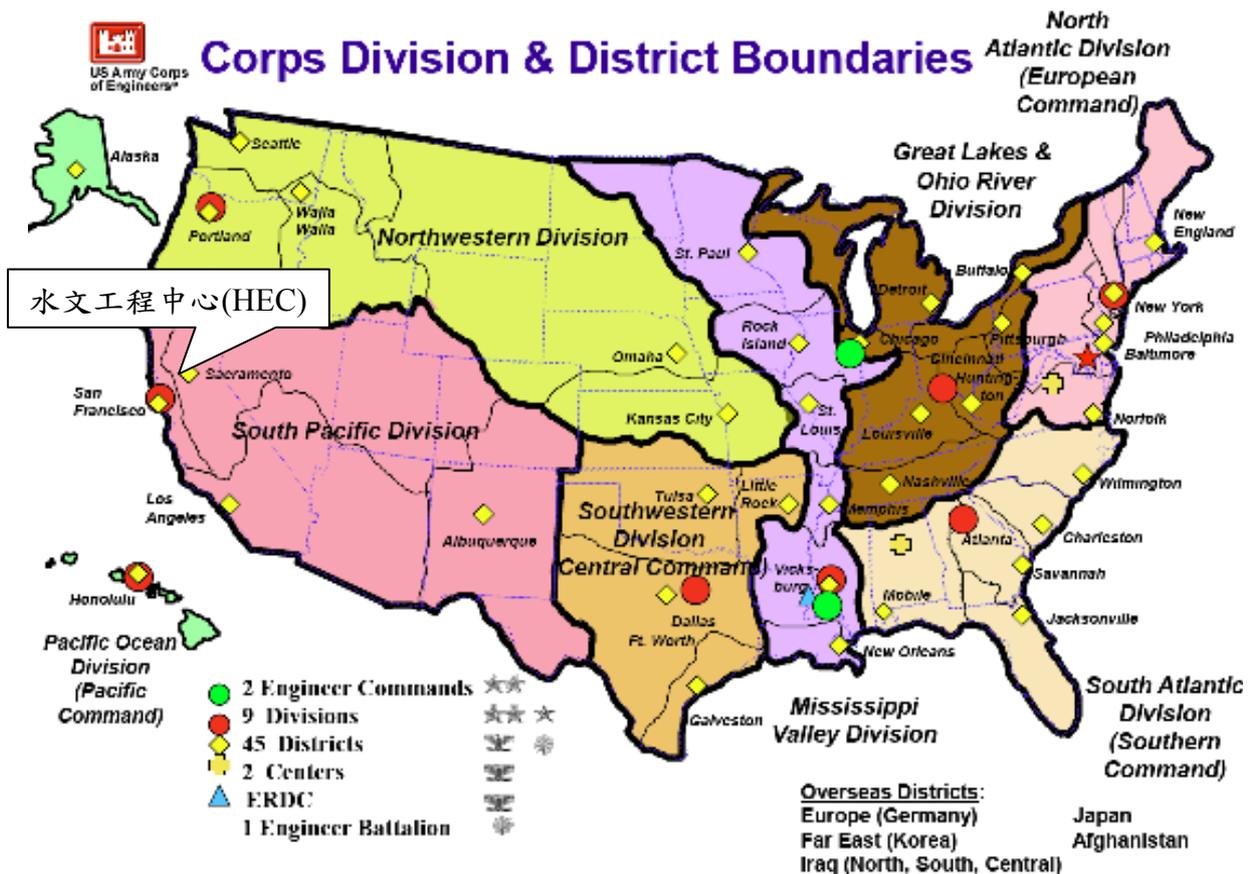
主要為參加美國陸軍工兵團 USACE 於美國加州 Davis 市舉辦之「水資源規劃及管理之風險分析技術研習」，學習有關水資源規畫及管理上之風險分析技術，同時亦與相關的專家或人員進行技術交流與經驗交換，參訪行程如下表 1。

表 1 參訪行程表

訓練進修日期及時間 (Visiting Date)	訓練進修地點 (Location)	訓練進修機構 (Institutions)	訓練進修目的 (Purpose)
5/18~5/19	屏東→桃園 →舊金山市 →Davis 市		路程
5/20-24	Davis 市	Hydrologic Engineering Center	參加「水資源規劃及管理之風險分析訓練課程(Risk Analysis-WRP & M)」研習。
5/25-5/27	返程(Davis 市→舊金山市→桃園→屏東)	舊金山市區	參訪舊金山市相關水利設施及路程

## 二、參訪機關介紹

HEC 隸屬於美國陸軍工兵團(US Army Corps of Engineers, USACE)轄下的水資源研究所(Institute for Water Resources, IWR)，位於加州 Davis 市，如圖 1。HEC 成立於 1964 年，主要的任務係將相關水利工程技術制度化。HEC 起初建立於 Sacramento 分區轄下的工程部，並開設相關訓練課程，隨後發展出一系列著名的 HEC 相關軟體，例如國內常用的 HEC-RAS。HEC 除了已經發展與出版一些水利工程與規劃分析領域的技術方法與文件外，更已研發數十個主要軟體與相關支援工具，包含近期發展具有 GIS 功能的版本。HEC 因為相關軟體的研發而在國際頗負盛名。



資料來源：Harris, Jeff, 2011, Hydrologic Engineering Center Overview, Hydraulic Engineering Center, US Army Corps of Engineers

圖 1 水文工程中心位置圖

### 三、水資源規劃及管理之風險分析研習

#### (一)本次課程進行方式簡介

本次參加的研習為期五天的教室課程，形式上近似一般機關如水利署於水利規劃試驗所或新竹專研中心開設的水利專業人員訓練課程，但不提供食(中、晚餐)宿，須由參訓人員自行解決交通及食宿問題，不過當然可以請教舉辦單位一些食宿的問題他們也可以協助，尤其是向我們國外來的研習人員，舉辦單位相關樂意協助提供任何幫助，本課程參與的人員以美國陸軍工兵團所屬各機構所派訓的人員為主，亦有少部份其他政府機構的人員(地質工程師、專案管理師等)派遣前來受訓，只有本人是外國人，本課程參語的人員，不一定對風險分析的概念與運用皆有一定的瞭解及經驗，有像我一樣對風險分析剛入門的，也有已經從事相關工作多年的，但基本上課堂上會從基本的觀念教起。

本次一周的課程中，每天上課時間分為上午及下午，上午為上午八點至中午十二點，中午休息一個小時至一點，下午從一點上到五點，每堂課休息時間不一定；本研習的上課方式以投影片、電腦軟體實作及團隊對抗遊戲為主，電腦實作為二人一組操作一台電腦，以使用@RISK 軟體來練習水資源規劃及管理上的所設計相關工程風險分析的練習題；第一天一報到課程開始前馬上即有一個課前測驗，其主要為讓授課的老師能瞭解本次課程參訓人員對風險分析的瞭解程度，課程中依同學來自的地點(美國東岸或西岸)分成二組或若干小組，每次上完一定的主題後即有一個小測驗，除了讓同學可以動動腦外也可以知道同學對課程的吸收程度，期間亦可讓小組成員相互合作與討論如何解決授課老師所提出以水資源工程風險分析為主題

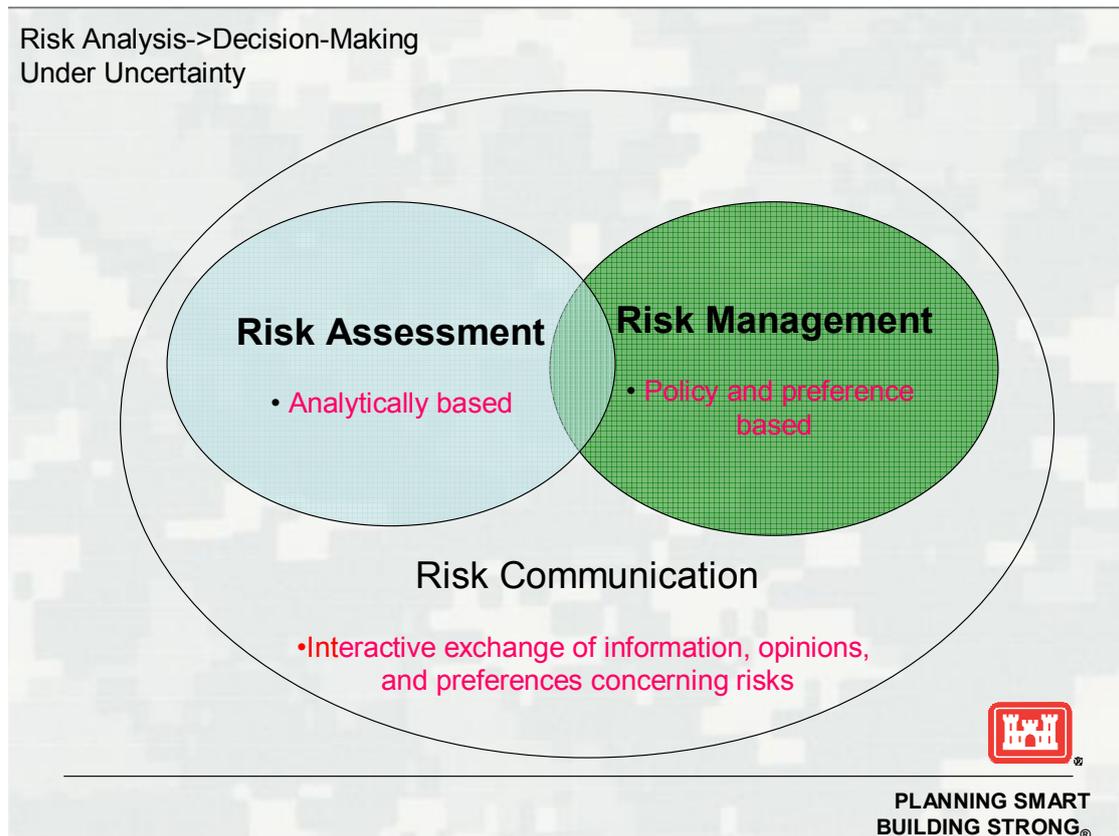
的題目(如圖 2 的上圖)；最後於課程結束前會有一個實作對抗遊戲及筆試，對抗遊戲為分組(二組)PK，每次由各組派出一位同學分別抽籤提出一個問題(題目為老師事先設計)由對方回答(如圖 2 的下圖)，如答對則可得 1 分，如無法達出可由其隊員回答但若達隊僅能得 0.5 分，最後看哪一隊加總得分最多獲勝，遊戲後則馬上舉行課後總檢筆試，其題目與報到第一天的課前測驗相同，其目的則是了解及幫助同學於訓練課程後對上課內容的瞭解，相關上課照片如圖 2。



圖 2 研習課程實錄

## (二)本次課程內容概述

何謂風險?風險(Risk)是對於未來不確定事件發生機率(probability)與可能後果(consequence)的量測,可表示為發生機率與後果的乘積( $Risk = probability \times consequence$ )。風險的內涵除了常用於災害所造成的損失之外(hazards),亦可用於獲得之潛勢(opportunities)。於是風險分析即對於那些我們不確定事情進行量測,進而幫助我們在不確定的狀況時作決策。風險分析包含三個主要部分,即風險評估(Risk Assessment)、風險管理(Risk Management)與風險溝通(Risk Communication),其關係如圖 3。

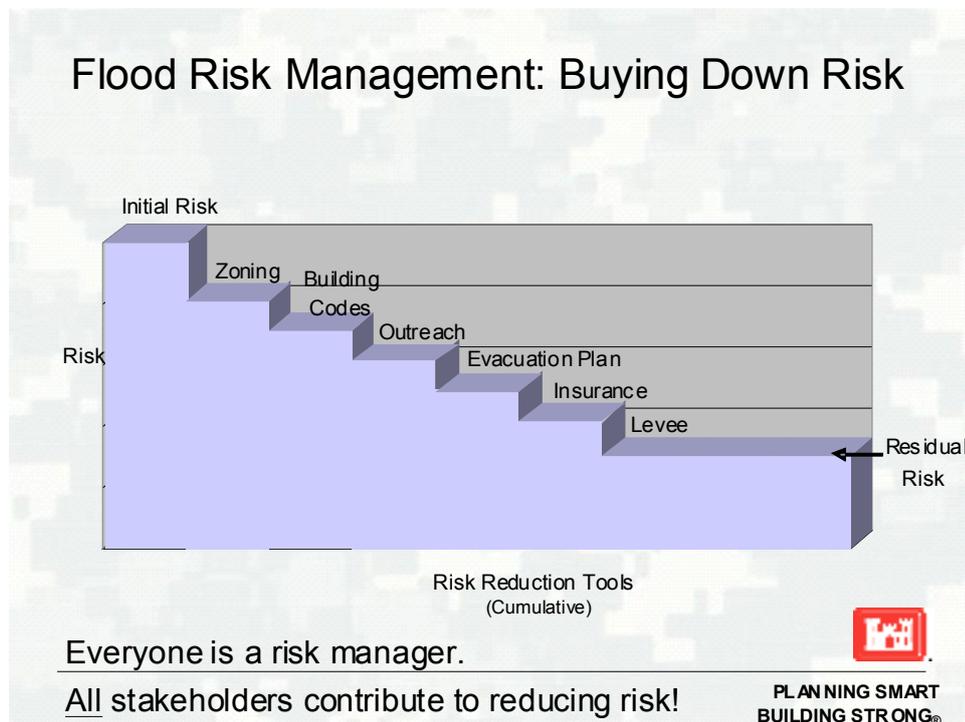


資料來源：Yoe, Charles, 2013, The Science of Risk: Overview of Risk Analysis, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

### 圖 3 風險評估、管理與溝通之相互關係

一般而言風險管理必須先需要瞭解的是,問題是內容、啥樣的問題是我們需要透過風險分析來回答的、而什麼又是可以

透過風險管理手段來減少風險的衝擊、如果我們何種作為可以減少風險的範圍、什麼可以交換風險的選項、什麼是最好的方式來描述風險，以及風險管理的手段是否有效。而洪災的風險管理，所運用的手段大抵可以表示如圖 4，在經過規劃、建立防洪計畫、疏散計畫、洪災保險及興建堤防後，仍有還是有剩餘的風險存在，而以上所述之手段並無優先順序僅是表示一般可執行的方法有哪些藉以讓大家了解減少風險的手段。



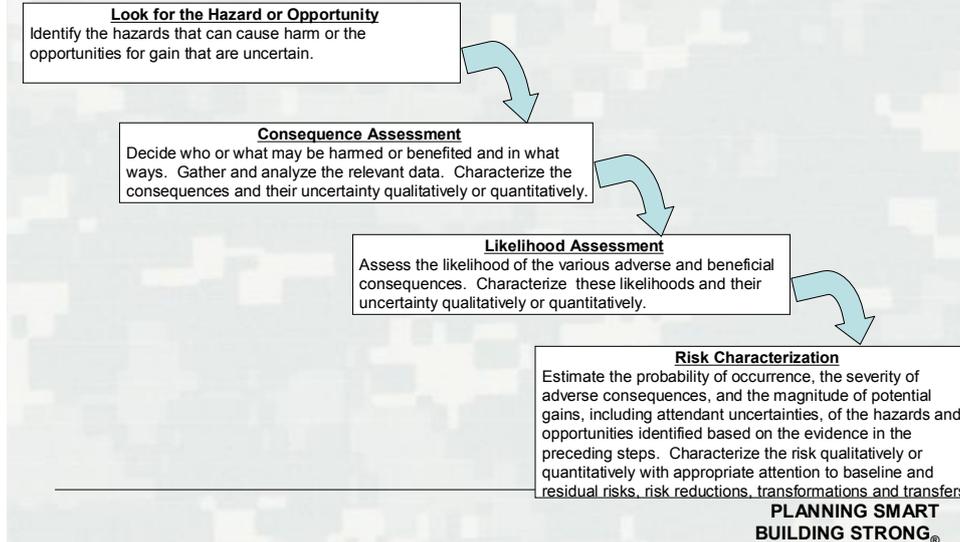
資料來源：Yoe, Charles, 2013, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

**圖 4 洪災風險管理手段與可減低風險**

在評估可能發生的風險時，則要注意幾項大原則：什麼東西可能會出錯、風險是怎麼發生的、風險的可能性會有多大、可能的後果是什麼。而在風險評估的模型，基於解析與科學的步驟則包含以下四個：找尋不確定而可能發生的災害或機會、定性或定量的估算可能造成的結果、定性或定量的估算風險發生的可能性、風險的特性描述，步驟如圖 5。

# Risk Assessment Model

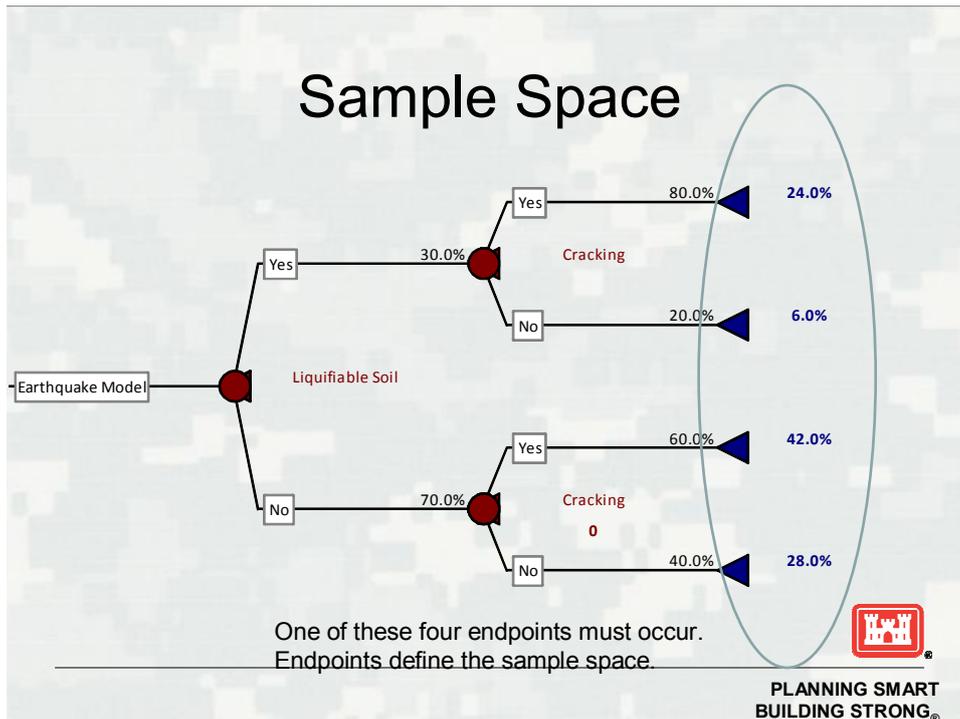
An analytical and scientifically based process consisting of the following steps:



資料來源：Yoe, Charles, 2013, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

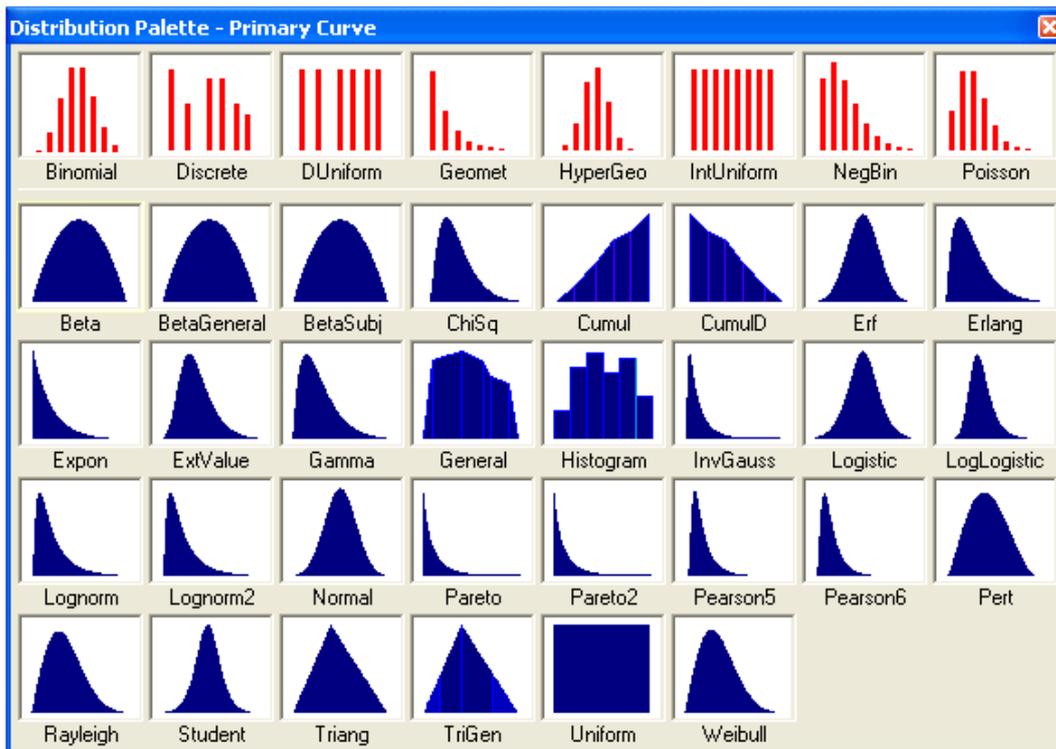
## 圖 5 風險評估模型的步驟

在找尋風險可能造成的災害或機會、以及評估可能的結果時，所繪製出的圖像，就會像樹枝狀的分支，如圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖。而評估風險發生的可能性時，則需要將所收集到的資料，選擇適合的機率分佈來描述(Choosing a Probability Distribution)以計算可能發生的機率，常用的機率分佈曲線如圖 7 常用的機率分佈曲線，本次課程中老師甚至每人發一包 M&M 巧克力並調查每一包裡面的巧克力數量甚至顏色藉以說明巧克力數量適合常態分布的呈現。



資料來源：Yoe, Charles, 2013, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

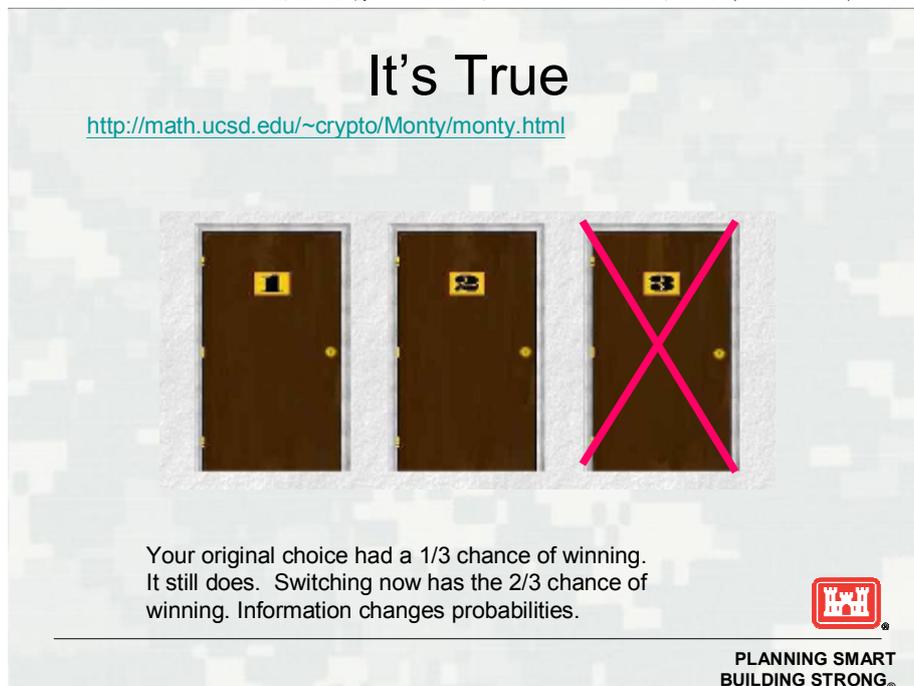
圖 6 描述風險可能發生的機率與結果的樹狀圖



資料來源：Yoe, Charles, 2013, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

圖 7 常用的機率分佈曲線

要學習理解風險，必須先知道何謂機率，因為風險評估者必須了解機率才能做好評估；而風險管理者必須了解機率才能做出好的決定；風險溝通者亦必須了解機率才能有效地與那些非風險溝通者溝通，機率不是憑直覺獲知的，課程中老師舉了 Monty Hall problem(三門問題)來解釋說明不同的條件影響了機率，此問題來自美國的一個電視節目遊戲，也可以在一部賭博電影「決勝 21 點」看到，遊戲中主持人會給參賽者看三扇關閉了的門，三扇門其中一扇的後面有一輛汽車或者是獎品，選中後面有車的那扇門就可以贏得該汽車或獎品，而另外兩扇門後面則各藏有一隻山羊或者是後面沒有任何東西(如圖 8)。當參賽者選定了一扇門，但未去開啟它的時候，知道門後情形的節目主持人會開啟剩下兩扇門的其中一扇，露出其中一隻山羊。接著主持人會問參賽者要不要換另一扇仍然關上的門。問題是：換另一扇門會否增加參賽者贏得汽車的機率？如果嚴格按照上述的條件的話，答案是會—換門的話，贏得汽車的機率是  $2/3$ 。



資料來源：Yoe, Charles, 2013, Probability Review, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.

圖 8 三門問題

## 第參章 心得與建議

美國教育以開放式教學為聞名，與我國教育截然不同，以本次的課程為例，從課前的測驗、課程的內容安排、老師的授課方式、學生的課堂動作及課後測驗與課前測驗題目相同即可得知，教學中學生可以走來走去，出去買咖啡、吃東西甚至翹著二郎腿聽課，老師在講解過程中隨時可提問，大家互相討論。課程中安排許多遊戲式的教學，除了可以讓大家現學現賣，同時亦可加深同學對課程內容的印象，當然也可以增加同學間的互動與感情。美國教育使用引導的方式，引導學生了解知識背後的原因，尤其是從生活中或是舉例簡單的例子去清楚知道每個知識最根本的成因，且較不重視成績，而我國的教育比較偏向成績，考試要高分，作業要高分，才能念好學校，不管在教育的目的、方法及課程安排都不同。

雖然我國防洪及水資源工作觀念及模式多學習自歐美或日本，在防洪工程的規劃及設計上亦都先依風險評估結果排定擬辦工程之優先順序，但我國現階段大部分僅於重現期的推估來取決設施工程的必要與優先，然而並未對於風險作更深入的檢討與分析、計算、風險敏感度的影響、防洪手段是否能有效降低風險等，未來建議應多以著墨。另外風險溝通是風險分析中重要的一環，其為風險管理所使用的技巧，進行風險溝通時，必須格外注意溝通的方式，以及溝通者與被詢問者的相互關係，如此才能了解風險溝通的意義與目的，開啟後續風險管理政策之制定，因此如何將正確的可能發生風險傳達社會大眾、利害關係人，極為重要。溝通並非遷就，亦不能避重就輕，誇大其詞，風險溝通的方式與內容跟隨著事件發生時的輕重緩急、溝通對象的理性與理解程度，如何能有效的做好風險溝通，實為重要的課題，一般工程人員略為不善言詞，如何採取合宜的溝通的方法亦是重要的課題，我們必須了解風險後，才能清楚的向大眾傳達風險的程度與可能，

進而讓民眾了解必須面對的危險，任何事情都有風險，了解風險才能應對並預知災害程度極可能面臨的災難。

本次研習課程所在位於加州，由台灣必須先抵達較近的舊金山國際機場進出美國，路途必須經過舊金山市（又名三藩市），利用路程空檔時間，搭乘公車或電車探詢相關水利設施，然所走過的地方都沒有看到類似我國區域排水或是河川，整個舊金山灣區面積近 2 萬平方公里，這次出國主要為參加研習課程，空檔時間只能小窺舊金山市，然在市區街道上常見之雨水下水道(如圖 9、圖 10)，在排水孔的旁邊有設置了一塊藍色的警示招牌，它寫著禁止傾倒垃圾污水，本排水孔僅為排放雨水用，同時並標示了檢舉電話，然而值得我注意的是告示牌的呈現較為活潑，畫了一隻螃蟹就算是不懂英文的外國觀光客或是不識字的小朋友也可以了解圖畫的意義，它不僅是一個告示牌也是富有相當的教育意義，可以當成我們學習仿效的對象，如在河川或區域排水堤防或護岸上設置愛護河川的圖像，代替禁止盜採砂石及傾倒垃圾，以活潑可愛為主軸並同時標上檢舉電話。

另外在一處觀光景點旁的邊坡有設置一些圍籬欄杆，上面告示牌寫著為了控制邊坡的土壤侵蝕流失(如圖 11)，請遊客僅能待在鋪設的人行通道上，其標示撰寫的立場是以我們要保護並尊重大自然為目的，然而反觀台灣一般的告示牌可能會寫著勿靠近邊坡易造成危險，其語氣以遊客人身安全為主而非邊坡的保護，當然設置圍籬欄杆的目的應該是要保護邊坡也要保護人，然而語氣的不同除了較委婉外亦較尊重大自然，相較之下語氣的不同，除了可以達到相同的目的外，也多了教育下一代尊重大自然的意義。

現今的防洪治洪工程也不像以往與河川爭地，以東洪建設硬體工程設施為導向，慢慢轉向尊重大自然與自然共生的思維，才能與永續與河川大地共存。



圖 9 街道上的雨水下水道



圖 10 雨水下水道近照



圖 11 邊坡圍籬欄杆及告示牌



## 第肆章 參考文獻

1. Yoe, Charles, 2013, Integrated Risk Management, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.
2. Yoe, Charles, 2013, The Science of Risk: Overview of Risk Analysis, Risk Analysis for Water Resource Planning and Management.



廉潔、效能、便民



經濟部水利署

地址：40873 台中市南屯區黎明路二段 501 號

網址：<http://www.wra.gov.tw/>

總機：(04)22501250

傳真：(04)22501628