

氣候變遷脆弱度評估與 回復能力建構

臺灣大學生物環境系統工程學系
童慶斌 教授



Sustainable Development Laboratory

Bioenvironmental Systems Engineering



模糊名詞定義的限制



Sustainable Development Laboratory



從環境承載力勾勒永續性管理

- Carrying Capacity
 - The carrying capacity of a biological species in an environment is the maximum population size of the species that the environment can sustain indefinitely, given the food, habitat, water and other necessities available in the environment. In population biology, carrying capacity is defined as the environment's maximal load, which is different from the concept of population equilibrium. — wikipedia
- Sustainable Management
 - Accumulated loadings due to continuous development do not exceed carrying capacity.



環境承載力

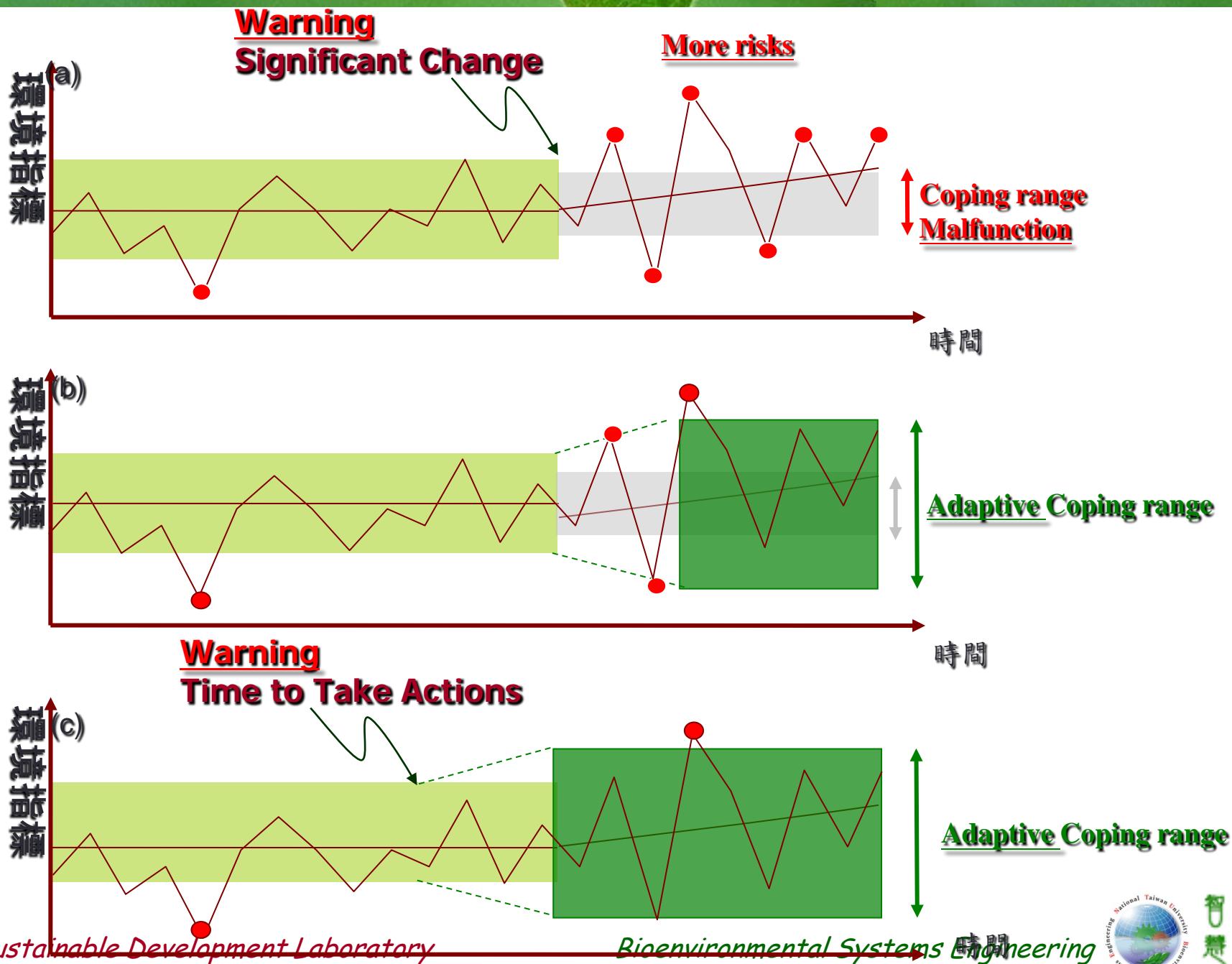
- 影響因子
 - 環境系統
 - 管理願景
 - 容忍風險
- 量化案例
 - 頭前溪、飲用水、75%信賴度
 - =》污染排放BOD 1千公斤／天
 - 台北供水系統（人為供水設施與自然淡水河流域）、
些微缺水與不再開發大型水庫、缺水指數=0.1
 - =》400萬噸／天



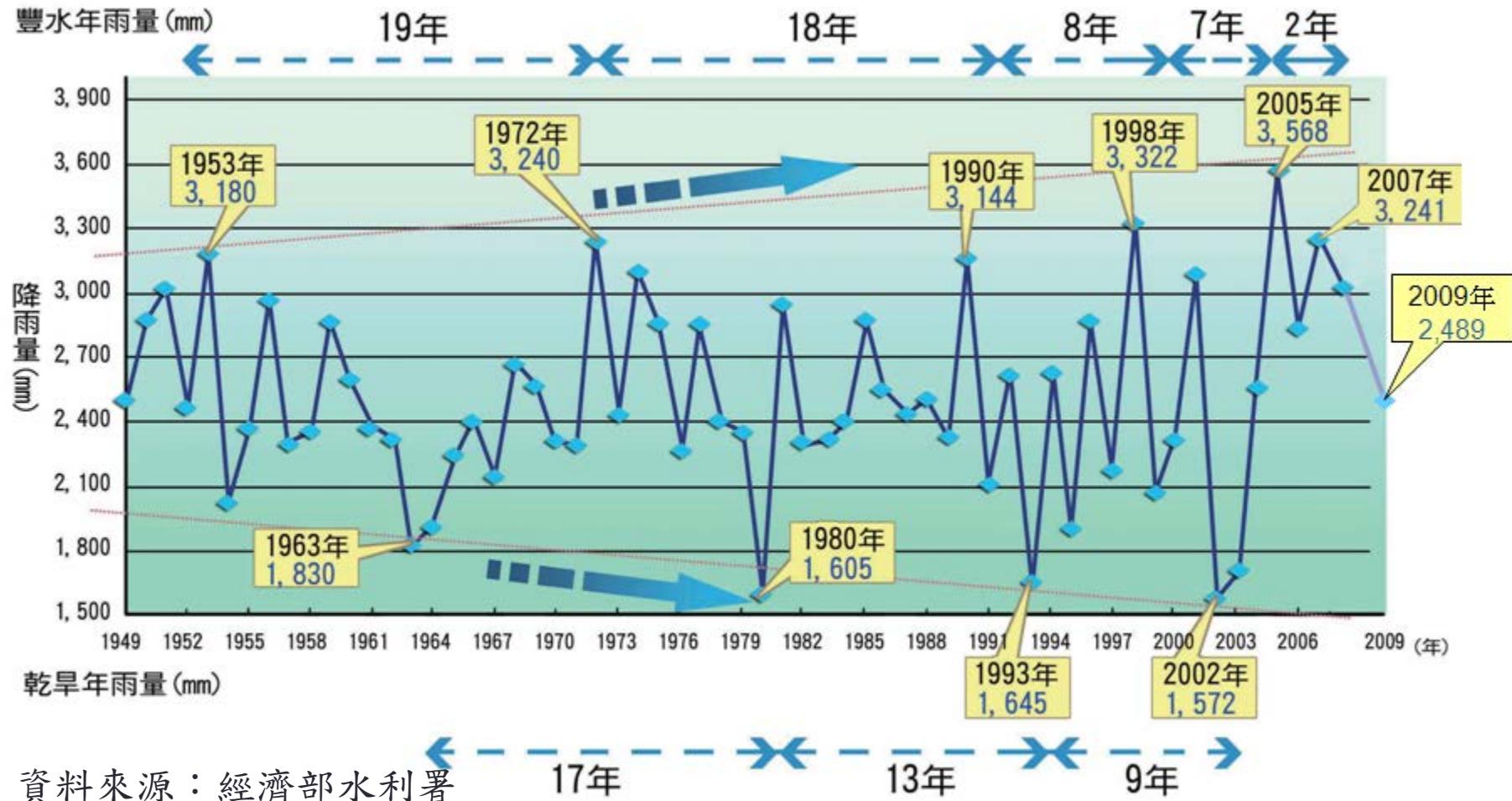
永續性管理之思維

- 願景為首（誰來決定願景？）
- 根據願景決定環境承載力（服務供給）
- 永續性管理目標在環境承載力限制下持續生態與社會經濟發展（服務需求）
 - 確保經濟社會持續發展帶來之累積負荷不會超過生態環境之承載力
 - 服務供給不能滿足需求則為失敗
 - 從失敗中回復之能力與速度則為回復力或韌性
- 氣候變遷可能同時影響承載力與負荷





乾旱與洪水強度與頻率



乾旱年雨量 (mm)

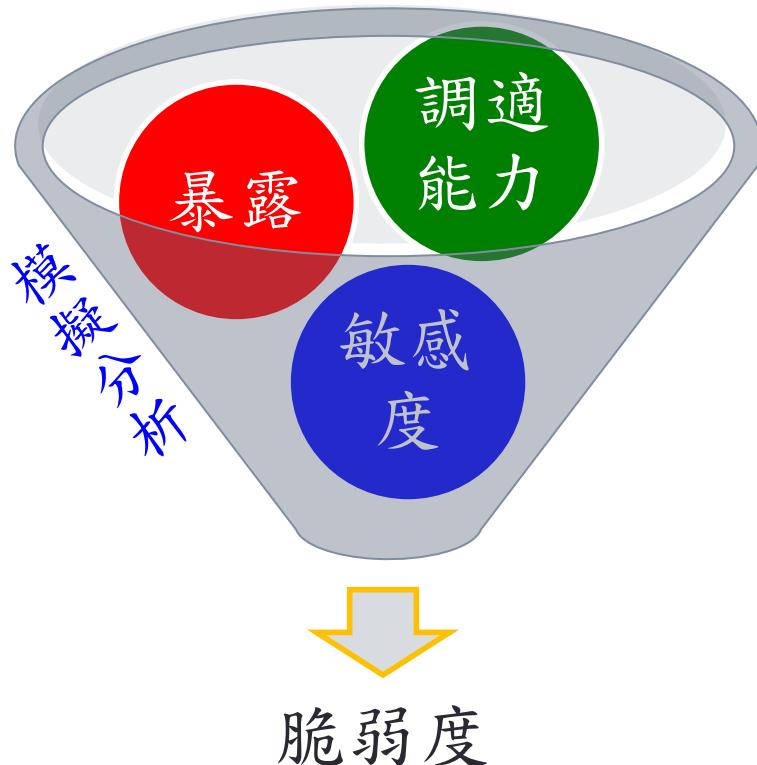
資料來源：經濟部水利署

17年

Bioenvironmental Systems Engineering

脆弱度 (Vulnerability)

脆弱度 = F (暴露, 敏感度, 調適能力)

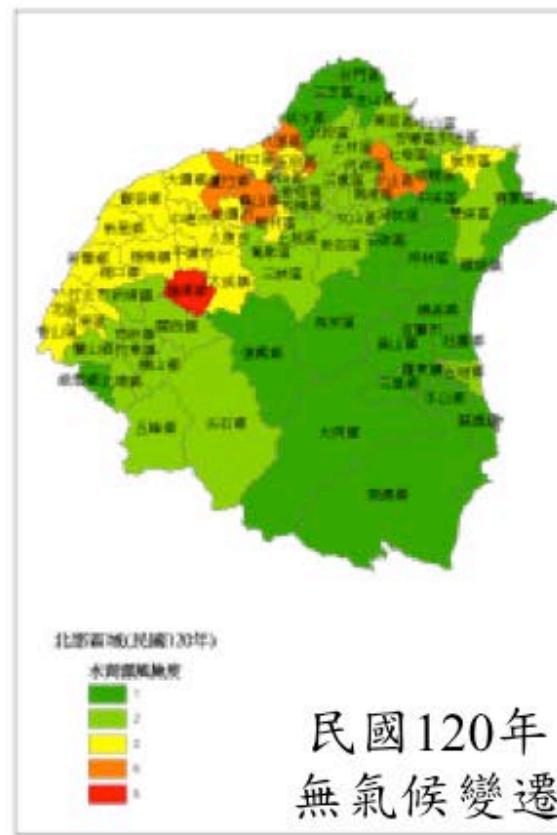


- 暴露於危害程度
 - 變遷氣候
 - 極端天氣
- 敏感度
 - 人口
 - 農業生產
 - 弱勢族群
- 調適能力
 - 設施
 - 治理與管理

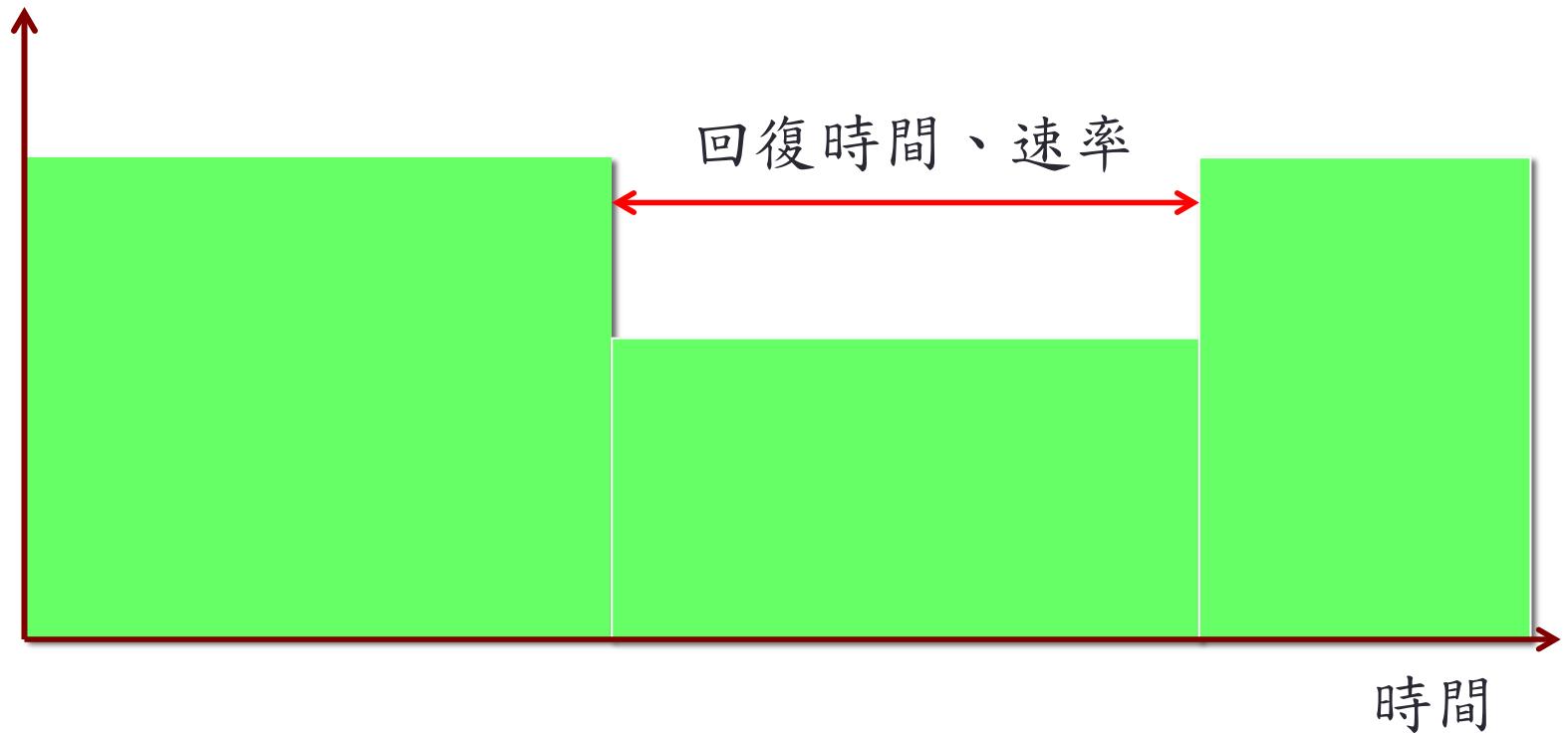


北區水資源脆弱地圖（風險地圖）

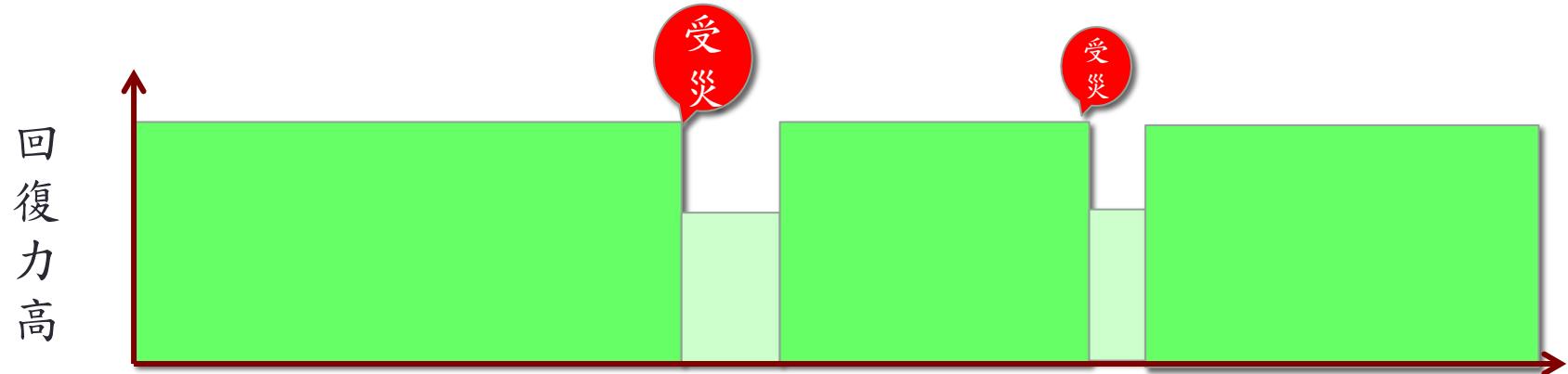
脆弱度 = F (暴露, 敏感度, 調適能力)



回復力 (Resilience)



低回復力可能進一步導致高脆弱度

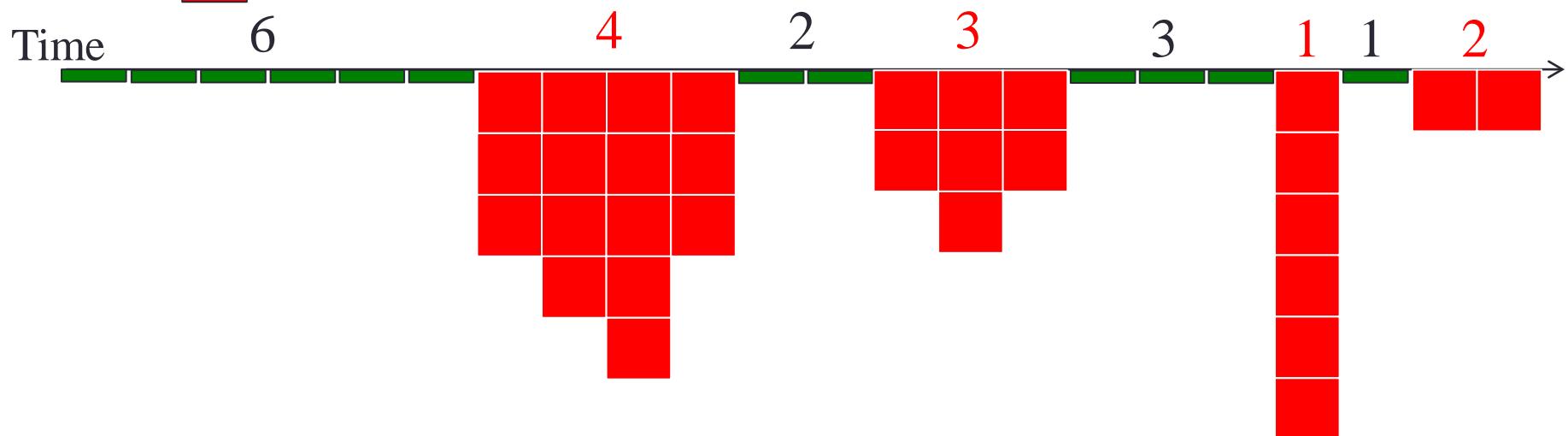


回復力量化分析



功能正常 : 負荷 \leq 承載力

功能失敗 : 負荷 $>$ 承載力



分析項目		Definition	Example
MTTR	平均失敗時間	Mean Time to Repair	Average (4, 3, 1, 2) = 2.5
Max. TTR	最大失敗延時	Max. TTR	Max (4, 3, 1, 2) = 4
Ava_Indicator	正常比例	MTTF / (MTTR+MTTF)	3 / (3+2.5) = 0.545

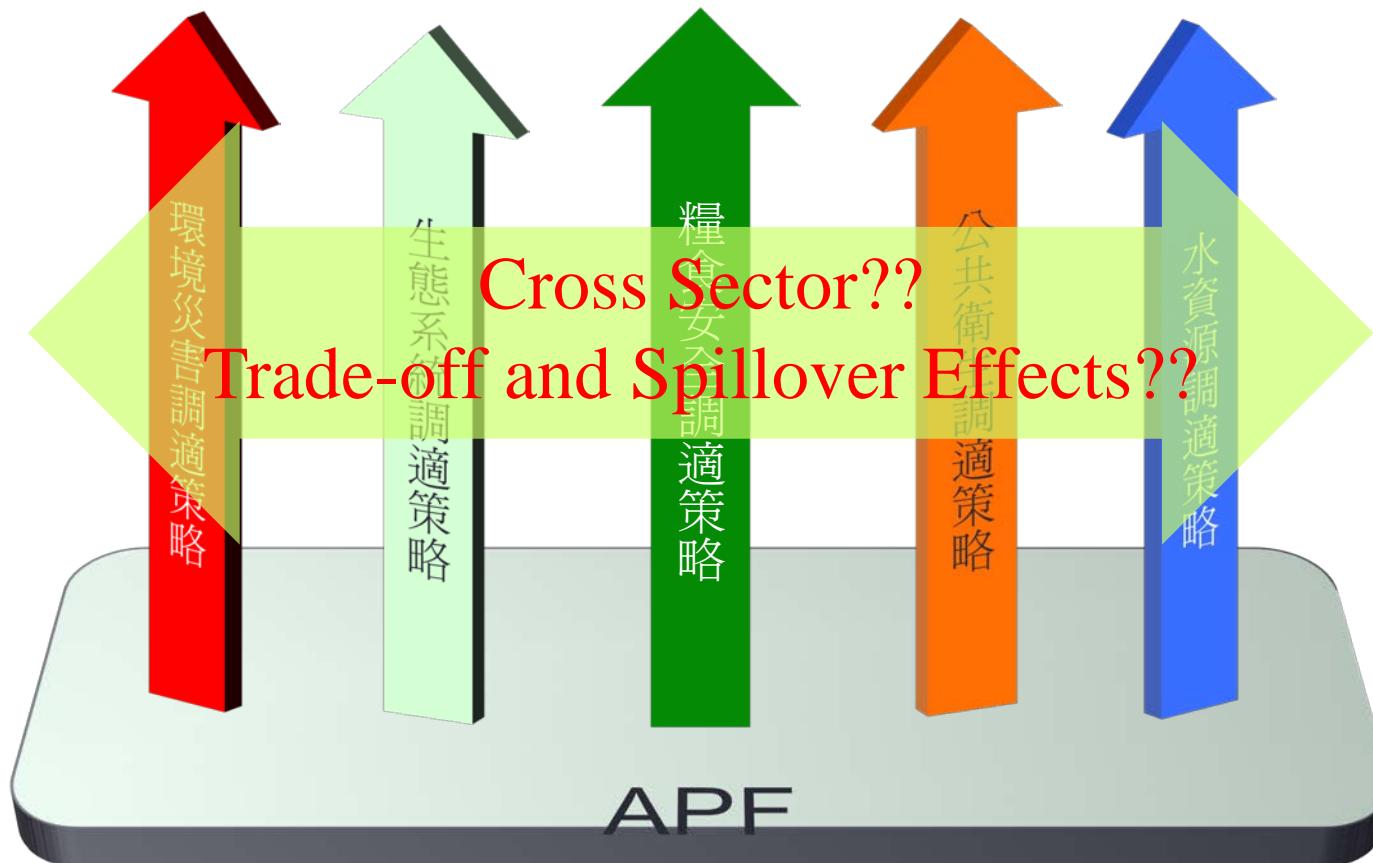
調適能力建構

- 目標
 - 降低脆弱度提高回復力
 - 提高調適能力手段
 - 減少暴露於危害程度
 - 管理措施
 - 硬體設施
 - 降低敏感度
 - 土地利用規劃
 - 社會經濟發展計畫
- 
- 提高承載力
降低負荷

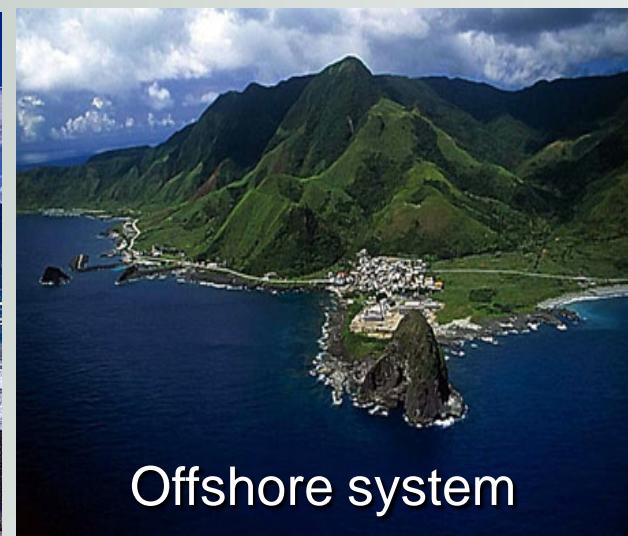
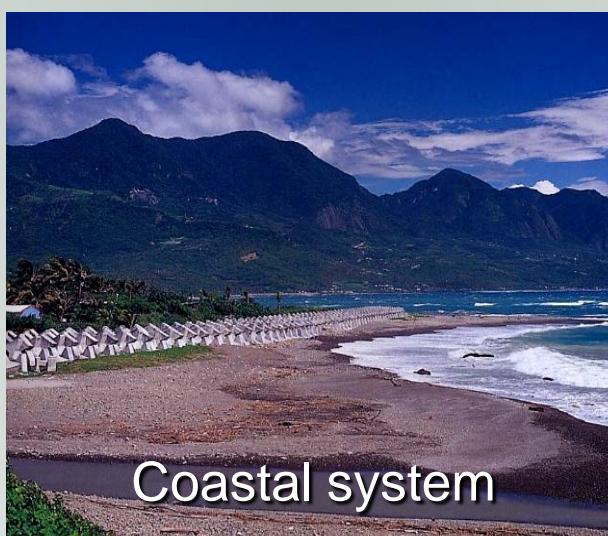
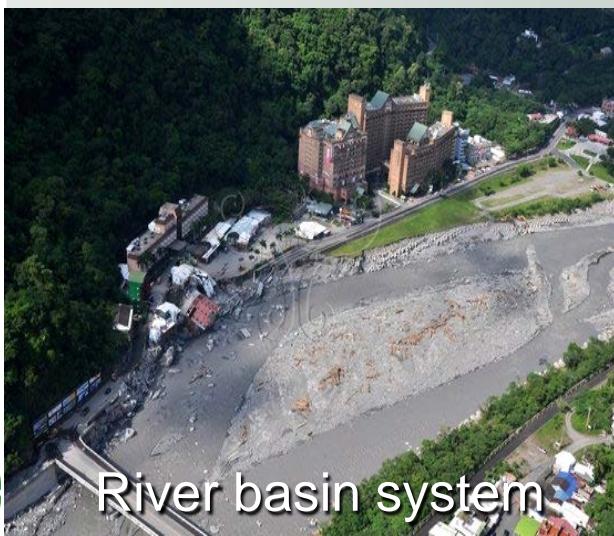


Conventional Sector Independent Approach

- Adaptation Strategies for each Sector



Spatial Scale : 空間尺度



Where can we go? & What can we do?

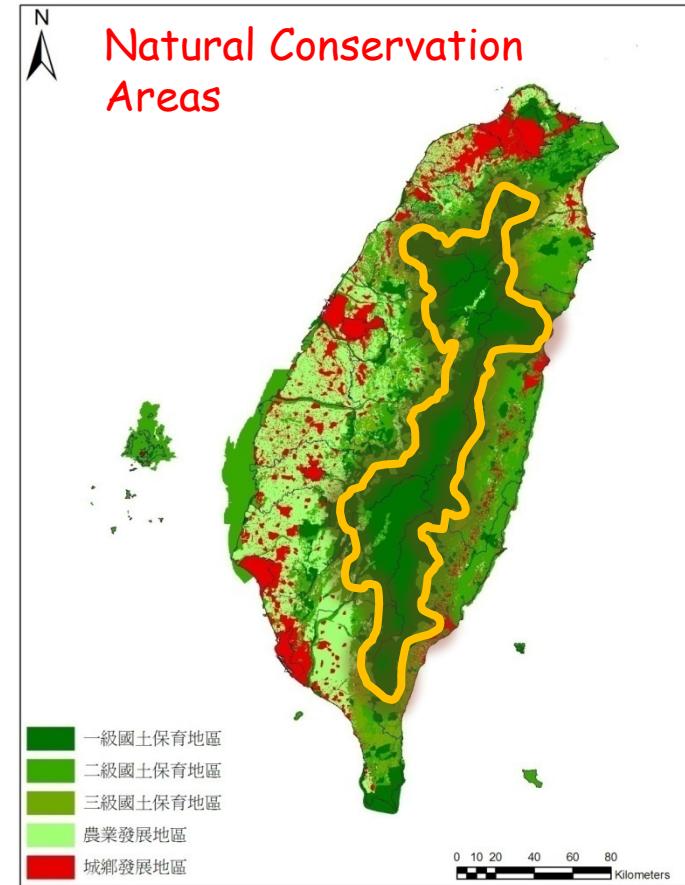
Sea-level
increase
s 6 m



Potential Land-slide Disaster Areas



Natural Conservation Areas



資料來源：賴進貴教授



Sustainable Development Laboratory

資料來源：內政部營建署

http://www.cpami.gov.tw/web/index.php?option=com_content&task=view&id=7544&Itemid=173

Bioenvironmental Systems Engineering

資料來源：黃書禮教授



原住民分布圖

資料來源：原住民委員會



Sustainable



智慧

永續生態原鄉

- 維護生態環境永續性，確保經濟社會發展負荷不超過承載力。具備優質之生活、生態環境；提高經濟生產力；確保下一代持續發展機會。

- 生活
- 生產
- 生態
- 世代公平

發展負荷

生態環境承載力

持續



韌性原鄉

- 願景
 - 民眾參與
 - 水土、生態資源利用之傳統智慧與現代思維
 - 環境承載力推估
 - 原鄉生態、社會、經濟持續發展



<http://www.drnh.gov.tw/tadaokano/kano03.html>



Sustainable Development Laboratory



智
慧