

台灣地區垃圾衛生掩埋場之設置規劃策略研究

----系統分析方法之應用

林凱隆¹、周金柱²、柯賢龍¹、蔡振興¹、呂靜芬¹

¹ 國立宜蘭大學環境工程系

² 行政院環保署環境檢驗所第二科科长

摘 要

本研究以系統分析方法應用於台灣地區垃圾衛生掩埋場之設置規劃，首先進行台灣地區垃圾問題之分析與界定，進而確認衛生掩埋場之設置目標、主要決策變數及限制條件，續而釐清其相互關係，建立系統模式，輸入各種可行方案之條件以進行模擬，並由其輸出評選最佳方案，以付諸執行及管制考核。系統之主要決策變數包括垃圾產生量、垃圾回收量、可用之掩埋空間容量、財務預算、人力資源、組織資產等。限制條件包括避免與水源地太過接近、避免產生二次公害、有害事業廢棄物應分開處理、使用年限大於五年以上、回收率每年增加百分之一以上等條件。本研究建立之系統模式除可作為研擬掩埋場設置最佳方案之參考依據外，並具有預測及修正功能，可應用於掩埋場之實際營運操作管理。

關鍵詞：系統分析、衛生掩埋場、設置規劃、模式、最佳方案、營運操作

一、前 言

台灣地區人口每年增加，大都會地區範圍不斷擴大，每人每日產生之垃圾量未能有效降低，各地區之垃圾總量亦隨之增加。各鄉鎮市之原有掩埋場掩埋空間容量日漸減少，面對每日不斷產生之垃圾，勢將不敷使用。垃圾之處理計有減量、回收、再利用、焚化、堆肥、掩埋等，惟掩埋是最終之處置方式，要有效管理垃圾問題，就無法避免設置衛生掩埋場之需求。又以往的掩埋場規劃中，容易讓執行的人只是為了建造掩埋場而建造，或者只根據計畫內容而建造，很容易落得不合時宜或不知其所以然，亦即缺乏整體系統的觀念，難以整合各項可用資源，有效處理處置垃圾 [1]。是以有必要利用系統思維的理念架構去面對衛生掩埋場設置問題，以有效解決垃圾處置問題。

如果能準確地界定出規劃衛生掩埋場問題的範疇和癥結，就能設計出解決規劃掩埋場問題的策略。從策略中，我們就可以找出各種可行方案，並且加以評選最佳方案付諸實行和檢討績效。接著根據執行績效，再界定出問題，然後循此步驟程序重複再進行規劃活動。本研究由系統分析來排除固有偏見，整合各種可用資源，並透過系統模式之建立，於規劃前即統合各種影響因素，進行輸出模擬及評估，並且根據模式來進行影響預測，以提升台灣地區垃圾衛生掩埋場之設置規劃品質水準。

二、系統分析理論及工具

(一) 系統理論

圖 1 為系統概念圖。系統由一些固定的、可分辨的成分所組成，這些成分可以稱為因子、因素、元件、元素、構件、次系統或逕稱為組成。在這些組成之間存在著相互的關係，藉著這些關係建立起系統架構。組成之間環節相依，彼此關連。它們結合的目的常是在完成某項功能，輸入和輸出是在系統邊界上進行。亦即它們從邊界輸入，以及在邊界做輸出，而與系統環境作交流。它們輸入清楚、相互關係脈絡分明，輸出也有根據。同時，要有輸出必先有輸入。輸出透過回饋作用影響輸入，而形成為一種通路 [2]。

就系統的封閉範圍而言，每一個系統都是更大系統裡的一個次系統。每一個系統均有其固定的疆界，而獨立於環境之中，系統常常在時間尺度上具有動態的行為，而邁向系統的目的。

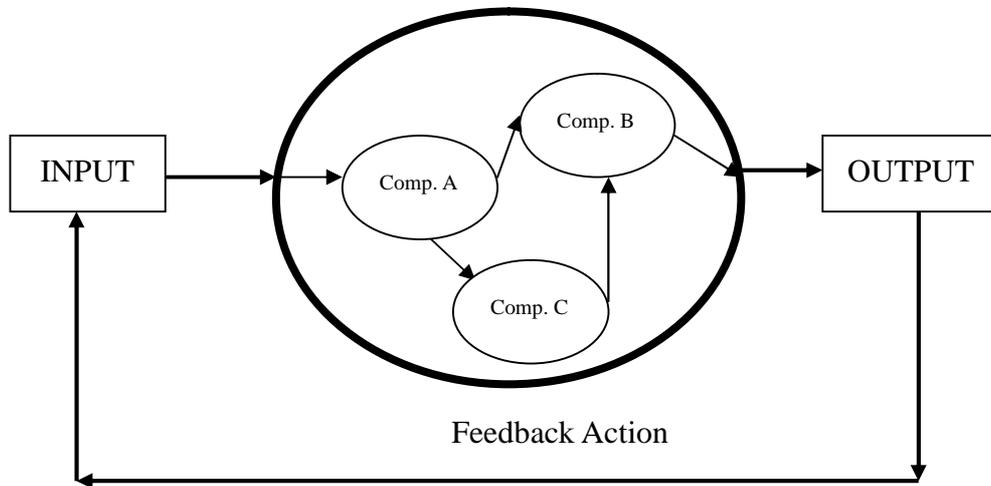


圖 1 系統概念圖

(二) 系統分析工具軟體 VENSIM 及其功能

1. 繪圖

VENSIM 只需四個圖像即可建構任何的系統，此四種圖像，一是儲量(stock or level)、二為流量 (flow or rate)、三為轉換子(converter)、四為主要變數(auxiliary)，四種圖像如圖 2 所示。

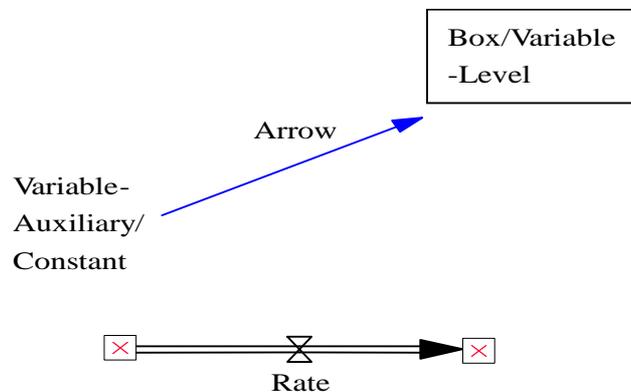


圖 2 系統分析圖像示意圖

2. 建模

VENSIM 利用四個圖像建立交互關係圖或因果圖來展示觀察到的行為模式，在模式圖中所考量的變數可增或可減，電腦軟體也可以作程式上的修正，既迅速又正確。

3. 模式模擬

當系統模式建構完成時，可利用來模擬，以提供測試理論、觀察結果、修改假設，讓系統運作更良好。

4. 分析

同一個系統若干組成中，透過每次不同條件的輸入，可利用來分析，以看出那一個變數重要，那一個次要，那一個無關緊要，以作為決策之參考依據。

三、問題瞭解與界定

建立模式的第一步就是深入了解問題發生的相關人和事，並且要知道如何與這些人進行溝通。模式的建立是將一個系統化繁為簡，因此要建立系統模式就必須先確定系統範圍，瞭解與界定問題，否則模式的建立無止無盡。台灣地區垃圾衛生掩埋場存在著下列問題，在設置規劃時必須考量。

(一) 衛生掩埋為垃圾之最終處置方法

台灣地區垃圾之處理將以焚化為主要方法，但垃圾之最終處置方法仍為衛生掩埋，焚化處理所產生垃圾總量 20% 左右之飛灰、灰燼，以及未設焚化爐之鄉鎮地區，仍有賴以衛生掩埋法進行處置。

(二) 原有掩埋場之掩埋空間容量日漸減少

台灣地區各鄉鎮市之原有掩埋場掩埋空間容量日漸減少，面對國民每人每日不斷產生之垃圾，勢將不敷使用。

(三) 垃圾衛生掩埋場設置用地不易尋找

土地之提供非無窮無盡，尤其在人口密集之地區，垃圾衛生掩埋場更不易尋找。過去台灣地區都市計畫亦多未規劃垃圾衛生掩埋場設置用地，造成今日無垃圾掩埋用地可用之窘境 [3, 4]。

(四) 垃圾衛生掩埋操作維護不易

垃圾衛生掩埋場若操作維護不慎，容易產生滲漏污水、地表逕流污水、臭味、空氣污染及蚊蠅滋生。尤其滲漏污水常含有毒物質，以致影響飲用水水源之取得甚鉅。另外設置掩埋場之後，亦增加掩埋場附近之交通量、噪音量、振動量，對附近民眾產生生活環境品質之衝擊 [5, 6]。

(五) 未共同設置區域垃圾衛生掩埋場

相鄰之鄉鎮市未能共同設置區域垃圾衛生掩埋場，無法節省用地之取得時間及簡化設置過程，面對即時產生之問題亦無法相互支援解決。

(六) 設置經費常有不足現象

大部分之鄉鎮未能需事先編列設置經費，而使垃圾衛生掩埋場之設置與操作因陋就簡，容易產生二次公害。

（七）設置過程政治力量介入

民眾普遍存有垃圾掩埋場「不要設在我家後院(NIMBY)」心理 [8]，政治人物為累積政治資源，又以政治力量不當介入，導致民眾盲目反對、需索賠償，造成設置過程枝節橫生。

（八）相關配套之法規未即時修正

相關配套法規之訂定大致已完備，但未因應實際需要進行即時之修正，以致執行與規劃產生落差。例如回收資源之販賣所得歸屬分配問題等。

（九）垃圾減量、資源回收為追求永續性發展之主要原則

垃圾減量、資源回收、循環、再利用，以及毒性減量已是人類追求永續性發展之主要原則，但目前資源回收、循環、再利用之比率成長緩慢，相關措施之成效並未顯著。設置衛生掩埋場必須同時進行垃圾減量、資源回收措施。

（十）其他相關問題

對於掩埋場之設置，各地存在其他諸多相關問題，例如建築廢棄物數量龐大，難以提供充分之處理空間，以致任意傾倒。原有設置於河岸之垃圾掩埋場，未能適時遷移。回收資源之販售價格偏低或變動大等均是等待有效解決之問題。

四、規劃目標及主要決策因素確認

台灣地區垃圾衛生掩埋場之規劃目標及主要決策因素確認流程，如圖 3 所示。茲說明如下：

（一）規劃目標

台灣地區垃圾衛生掩埋場之設置目標，主要如下：

1. 保護國民健康，維護生態體系，避免產生二次公害。
2. 妥善處置最終垃圾，提高生活環境品質。
3. 因應未來垃圾掩埋空間之不足，及時完成興建垃圾衛生掩埋場，提供充分之垃圾衛生掩埋空間容量。
4. 安全地操作、維護、管理，依規定之步驟程序進行操作、維護、環境監測、稽核等之管理。
5. 有效利用未來封閉後之掩埋場址表面土地。
6. 建議規劃之項目及相關法規規定之應辦事項，包括調查資料、辦理土地使用變更、辦理環境影響評估、辦理公聽會等之配合措施。
7. 評選出不同設置地點方案之最佳方案。

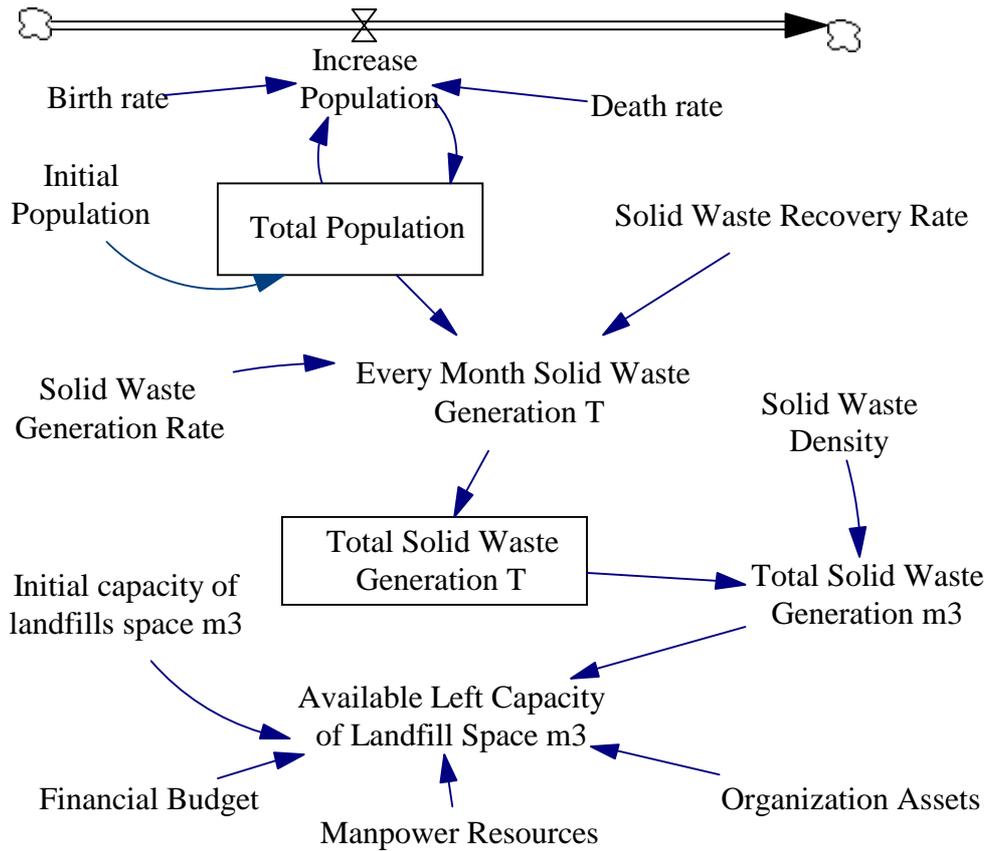


圖 3 垃圾衛生掩埋場之規劃目標及主要決策因素

(二) 主要決策變數

決策變數就是一個在任何時刻可以量測的數，而其值是根據定義的數值而有其意義的，並且讓人來觀察和比較的。根據前述之規劃目標，台灣地區垃圾衛生掩埋場設置規劃之主要決策變數設定如下：

1. 垃圾產生量

每日進場之垃圾產生量。

2. 垃圾回收量

每日回收之垃圾量，包括個人之回收量及掩埋場之回收量。

3. 可用之剩餘掩埋空間容量

原有初設掩埋場掩埋空間減去已經掩埋用掉之空間容量。

4. 財務預算

機具操作維護經費、掩埋覆蓋黏土購置費、員工人事費等。

5. 人力資源

組織架構、人員管理策略、車輛進場管理、車輛出場管理、掩埋操作流程管理等。

6. 組織資產

廠房設備、防污設備、分類設備、資源回收設備、進出道路、監測設備等。

五、限制條件

垃圾衛生掩埋場設置之限制主要是將掩埋場固定於一侷限之區域，以避免重大污染及危及民眾的生命財產安全。避免與水源地太過接近，並避免產生污水、空氣污染、有毒物質、

病媒、噪音、振動之二次公害，對附近民眾產生生活環境品質之負面衝擊。詳細之限制條件列舉如下：

- (一) 地下水：避免污染地下水源。
- (二) 水源水質水量保護區內：避免污染飲用水源。
- (三) 地表溪流：避免河川遭受污染。
- (四) 自然生態保護區：避免破壞原有之自然生態。
- (五) 斷層及不穩定地區：避免危害人類的健康與損害環境生態。
- (六) 洪水平原：避免造成對人類健康與環境的損害。
- (七) 排水坡度：避免排水所導致的場區沖蝕與污染。
- (八) 文化古蹟保護區：以保存其文化古蹟原有之完整性。
- (九) 國家公園：避免園內原有風貌遭受破壞。
- (十一) 道路可及性：位於現有道路系統附近，減少開發成本。
- (十二) 坡度：坡度太大的地區，將造成工程施工的困難與開發成本的增加。
- (十三) 避免於機場附近或航道下方。
- (十四) 有害事業廢棄物應分開處理。
- (十五) 使用年限大於五年以上。
- (十六) 回收率每年增加百分之一以上。
- (十七) 其他法規之相關規定。

六、提出各種可行方案

可行性分析就是不違反限制式，但不一定能夠達到目標函數的極大化或極小化。行動措施就是決策者達成目的可能方法。系統分析常常考慮許多可能的行動措施做法，也被稱為替代方案，或者被當作決策者的選擇方案。

七、評選最佳方案

根據各種可行替代方案，依據資源條件及研擬之原則或標準，評選出最佳方案作為實施之依據。一般而言，選擇三至四種可行方案進行最佳方案評選即可。以系統分析進行之最佳方案評選，主要評選標準較常見者是成本效益分析。

八、執行及管制考核

在執行方案時，必須面對兩種風險，一種就是環境風險，亦即輸入輸出條件變化的風險，另一種是系統風險，亦即系統本身各種交互運作關係，流程所產生的風險，即來自執行的不確定因素。

九、結論與建議

(一) 結論

1. 系統動態模式對於新的變化狀況很容易及時配合修改。
2. 在模式中，除了可以由輸入條件預測輸出結果之外，也可以由預定輸出的結果反過來推測需要什麼樣的輸入條件才能滿足。在輸出固定的情況之下，要求輸入之成本最小化。
3. 建立系統模式，除了可以了解運作機制之外，也可以預測未來的績效，並且評估未來政策的選擇。

4. 以往模式的開發總要先考量其範圍，但現在的模式開發則可由小變大，或由大變細，兩者的目的均在於使得模式的應用功能更強

(二) 建議

1. 系統分析模式因為具有擴建性，所以可以逐漸擴大模式之規模，包括決策變數之增加及交互作用關係之建立，並且接受新的輸入和作新的輸出
2. 模式的成功在於了解因素變數之間的交互作用關係
3. 新經濟時代，環境變動快速，輸入條件變化快，組成之間的交互作用關係變化也快，模式只由不斷修改才能符合實際所需。環境關係雖然一直在變，但其變化都是亂中有序的，系統分析就是要找到這種「序」。

參考文獻

1. Frantzis, I., 1993. Methodology for Municipal Landfill Sites Selection, Waste Management and Research 11, 441 – 451.
2. Kirkwood, C. W., 1998. System Dynamics Methods: A Quick Introduction, College of Business, Arizona State University.
3. Al-Bakri, D, W. Shublaq, W. Kittanch, and Z. Al-Sheikh, 1988. Site Selection of a Waste Disposal Facility in Kuwait, Arabian Gulf, Waste Management and Research 6, 363 – 377.
4. Burkart, R., 1994. Consensus Oriented Public Relations as a Solution to the Landfill Conflict, Waste Management and Research 12, 223 – 232.
5. Kovacs, William L. 1993. Solid Waste Management: Historical and Future Perspectives, Resources, Conservation and Recycling 8, 113 – 130
6. Petts, Judith. 1994. Effective Waste Management: Understanding and Dealing With Public Concerns, Waste Management and Research 12, 207 – 222.
7. Powell, J. C., 1996. The Evaluation of Waste Management Options, Waste Management and Research 14, 515 – 526.
8. Pushchak, R. and C. Rocha, 1998. Failing to Site Hazardous Waste Facilities Voluntarily: Implications for the Production of Sustainable Goods, Journal of Environmental Management and Planning 41(1), 25 – 43.

A Strategy for Planning Solid Waste Sanitary Landfills to be Constructed in Taiwan Region by the Systems Analysis Method

Kae-Long Lin¹ Jin-Juh Jou² Hsien-Lung Ko¹ Tsai Chen-Hsin¹ Chin-Fen Lu¹

¹ Department of Environmental Engineering, National I-Lan University

² National Institute of Environmental Analysis, EPA

Abstract

Systems analysis is applied to plan the construction of solid waste sanitary landfills in the Taiwan region. This study focuses on the analysis and definition of the solid waste problem in Taiwan, and the establishment of sanitary landfills, the making of variable policies and the constraints. The factors governing the various feasible plans are in put to a simulation and eventually an evaluated optimal plan is out put which can be executed and subjected to a control audit. The various features that need to be considered in the system include the total amount of solid waste generated, the total amount of solid waste recovered, the available landfill, the financial budget, manpower resources, and organization assets. The limiting factors include keeping sites away from water resources, to avoid secondary environmental pollution, to dispose of hazardous industrial waste separately, to have an active life of more than 5 years, and to have a recovery ratio that increases by at least 1% per year, etc. In this study, the well-known systems model can be applied not only optimally plan the landfill construction, but also provide the functions of forecasting and modification, to be used in the practical day to day operation of the landfill.

Key words: system analysis, sanitary landfill, construction planning;; model; optimal plan, operational execution