＜資 料＞

水資源開發에 있어서 시스템 分析의 活用
System Analysis in Water Resources Development

高 在 雄
Ko, Jae Ung

1. 沿 革

시스템 分析은 二次大戰中 처음으로 兵站 戰術 및 戰時產業部門에서 最適解決策을 찾는 方法으로 使用되기 시작하면서 문제해결의 利器로서 등장하기 시작하였다. 전후에는 이것은 더 널리 복잡한 製品製造工業과 生產業 및 統制問題等에 利用되게 되었으며 나아가서는 道路의 最短路線의 決定, 製造工程에서 製品費에 영향을 주는 많은 要因들을 最小化시키는 分析等에 活用되었다.

이 새로운 技術은 어느面에서는 開發과 適用이 同時에 이루어졌으며 大部分의 경우 費用과 時間을 節減시킨다거나 純收益을 增加시킨다는 아주 明確한 目標를 가지는 것이 一般的이므로 널리 적용될 수 있었다. 이러한 새로운 技術의 適用을 爲해서는 高性能의 컴퓨—터가 要請되며 OR(Operation Research) 適用이 普及됨에 따라 컴퓨—터 產業도 急激한 進步를 가져오게 되었다.

水資源分野에서의 OR의 進步는 1950年代後半과 1960年代初에 걸쳐 UCLA, Harvard, Cornell, Berkley, Stanford, Illinoi 等 各大學에서 이 分野에 關心을 가진 硏究者들이 나와 복잡한 水資源問題에 對해 多方面에서 硏究하기 시작하면서 이루어지게 되었다. 이중 가장 뚜렷한 업적은 Harvard Water Program으로서 이 分野에서는 完成된 成果로 꼽을 수 있는 "Design of Water Resources System"이 나오게 되었다. 그 뒤 水資源硏究法(The Water Research Act of 1964)이 나오게 되어 各州마다 硏究所가 설치되므로서 OR분야의 발전에 새로운 활기를 띄우게 되었다. 이에 힘입어 1964年 以後의 활발한 연구활동으로 모델의 증가 확장 새로운 기법의 개발, 새 適用事例의 開發 等이 이루어졌다.

하지만 이 分野에 있어서 대부분의 논문은 고도의 數學的 理論을 활용한 복잡한 연구보고서의 형태로 나와 있어 完成된 연구 결과를 計劃技術者나 實務者들에게 效果的으로 전달하지 못하고 있다. 또한 많은 연구들이 實際問題를 計劃하는데 곧 活用될 수 있지 못하는 內容들로서 뚜렷한 利益을 주지 못하는 것들도 있다. 이러한 硏究는 많은 경우 水資源計劃에 있어서 惹起되는 實質的인 面은 基本原則에서 假定해 버리고 數學的으로 풀리는 나머지만을 對象으로 하였으니 不幸하게도 이 나머지 部分이란 적절한 문제해결의 요인이 안 되는 경우가 많았다. 이 點이 水資源分野가 他 分野보다 더 問題가 되는 것으로서 主로 最終決定過程에서 큰 영향을 주는 많은 社會的, 法的, 制度的制約 等이기 때문이다.

理論家와 實務者들이 서로가 共通的인 利益을 함께 얻자면 共同作業을 하는 것이 바람직스럽다. 이미 開發된 技術은 값진 것이며 이들 分析技法은 水資源開發事業의 값어치를 增進시켜 주는 主要原動力이 되는 것으로 實務者나 計劃技術者들에 依한 適用이 지금과 같이 잘 이루어지지 않는다면 점차 쇄퇴하게 될 것이다. OR은 두가지 要素로서 개발되고 있는바 Operations는 實社會에 適用시키는 努力의 集中이라는 개념이 包含되고 있으며 Research는 現活用可能한 컴퓨—터의 容量範圍를 넘어서게 되는 시스템分析의 次元까지도 適用시킬 수 있는 보다 색다른 技法까지도 繼續硏究 努力하는 것이다. 美國에서는 政府나 水資源開發에 관련되는 機構들에서 가까운 將來에 이러한 새로운 技法을 實務에 活用하도록 强調되고 있다. 아직까지 水資源分野에의 OR의 適用이란 새로운 開拓 분야로서 많은 결함과 不確實性을 內包하고 있는 完全치 못한 技術을 뜻한다는 것을 인식해야 한다. 따라서 OR의 利用度를

本會理事·建國大工大助敎授

增加시키기 爲해서는 어디까지나 實驗段階에서의 마음가짐으로서 處理하지 않으면 안된다. 모든 경우 이의 適用으로 바로 利益을 얻을 수 있다고는 보증할 수 없으나 멀지 않은 將來에 便益을 얻을 수 있는 가능성은 충분히 기대되고 있다.

2. 目標函數 變數 및 制約

가. 目標函數(Objective function)

"最善"의 事業計劃이라는 觀念은 計測할 수 있는 肯定的인 成果와 否定的인 成果에 對한 代案의 效果 如何에 따르는 基準이 暗示되고 있다. 이 基準을 目標(objective)라고 부르고 있으며 모든 경우 이 目標는 數많은 小目標들로서 이루어지게 된다.

이들 중 어떤 것은 定量的인 目標로서 數値化할 수 있는 精度로서 計劃할 수 있으나 反面 다른 것들은 定量的인 目標가 되지 못해서 태반의 경우 序列이나 質的인 것을 상식으로 밖에 잴 수 없다. 萬若 두개의 目標를 同一한 精度를 가지는 單位나 項으로 計測할 수 있거나 表示할 수 있다면 이 두 目標는 對應시킬수 있는 目標가 된다. 通用되는 單位나 單一한 크기로서 나타내고 있는 等級中 어느 쪽도 아닌 對應시킬 수 없는 目標는 다른 나머지 目標들의 크기의 意味까지 방해시키게 된다. OR의 技法이란 最適化(Optimization)되어야 할 모든 目標들을 數學的으로 具體化시키는 것이다. 目標函數라고 부르는 이러한 表示法은 시스템分析에서의 難點이 되고 있으나 이는 반드시 定量的인 目標만으로 表示되어야 하며 最適化過程에서 數學的으로 處理될 수 있도록 完全히 對應시킬 수 있는 目標들이 되어야 한다. 아직까지는 두 個 或은 그 以上의 서로 對應시킬 수 없는 目標들을 最適化하는 論理的이고 數學的인 方法이란 있지 않다. 모든 關係를 單純化시킨 한 事業에 對한 目標函數가 線形이며 事業의 純收益이 極大化시키게 하는 例를 다음에 든다.

나. 極大化(Maximize)

$$NB = \$60Q_1 + \$30Q_{MI} + \$300A + \$0.005K + \$1R - C - OMR$$

여기서 NB(net benefit); 收便益

Q_1; 灌漑用水量(에카—피트)

灌漑用水便益은 1에카—피트當 $60

Q_{MI}; 生工用水量(에카—피트)

이 用水便益은 1에카—피트當 $30

A; 洪水調節專用容量(에카—피트)

1에카—피트의 調節容量當 $300의 治水便益을 계산

K; 發電量(kWh)

1kWh의 發電量當 $0.005의 便益으로 간주

R; 娛樂人日數

1人日當 $1의 便益

C; 연 건설비

OMR; 運營, 管理 및 補修費

이와 같이 單純化시킨 한 目標函數의 例에서도 各 目標들의 數學的 表示에 對한 커다란 制約이 나타나고 있다.

이와 같이 一定한 定量的인 目標들도 對應되고 있지 못하다. 왜냐하면 이들은 用水量의 에카—피트, 貯水容量의 에카—피트, 리크리에이숀 人日數, kWh 等各其 다른 單位로 計測되고 있다. 따라서 普遍的인 測定單位가 되는 弗貨로 바꾸어주기 爲해서는 各 單價를 適用하여 계산해 줄 수 있는 정당한 方法을 찾지 않으면 안된다. 現在 쓰고 있는 評價方法에서는 評價의 基準이 서로 相異하기 때문에 目標들을 對應시키지 않아도 相關없다. 例를 든다면 生工用水의 便益은 지금 最小建設費가 드는 代案水源을 推定해서 測定하고 있으며 灌漑便益은 灌漑에 依한 農產品의 市場價와 農家에서 얻게 되는 副收入을 合算해주고 있다. 이렇게 하면 앞서 나와 있는 式에서 알 수 있듯이 單位量의 灌漑用水는 生工用水에 比해 두 倍의 값을 가지는 경우도 생기게 된다.

合當한 制約을 加하지 않고 한 目標函數에서 서로 다른 이러한 값을 適用하면 生工用水를 爲해서는 過少하게 물을 쓰게 하여야만 最適化되는 그릇된 配分이 나오게 된다.

먼저의 式에는 數値化시킨 目標들만 包含시켰으나 現在 數値化 못시키고 있는 目標들인 地域經濟의 安定個人所得의 均配, 安定된 生活의 마련 等에 對해서는 아무런 規定이 없다.

이러한 目標들도 어떤 計劃機關에서는 長期間 重要한 目標가 되어오고 있는 것들이다. 最近에는 美水資源評議會(The Water Resources Council)에서는 水資源計劃을 樹立함에 있어 同一한 重要性을 가지는 4大目標를 設定하여 計劃하도록 指示하고 있는바 이는 國家經濟效率(National economic efficiency), 地域經濟開發(Regional economic growth), 環境의 改善(Environmental enhancement), 生活의 質(Quality of life)이다. 뒷쪽 두가지 目標속에 들어가고 있는 人口分散, 國家安保, 社會福祉 等과 같은 것은 數量化하고 對應시킬 수 있는 目標로 만들기에는 너무나 많은 問題點

들을 內包하고 있다.

現 水資源開發事業을 관장하고 있는 機構들이 事業의 成果를 알기 爲하여 쓰고 있는 對應시킬수 있는 값의 測定方法을 OR 最適化 모델에 使用키 爲하여 별도로 修正해 줄 必要는 없다. 便益測定에 對해서는 環境의 改善, 生活의 質等과 같은 現在 計測하고 있지 않는 分野뿐 아니라 典型的인 方法으로 해내려오고 있는 生工用水와 灌漑用水 等의 便益等 두가지 모두에 對해 더 많은 努力과 開發이 要請되고 있다. 相異한 目的間의 물使用에 있어 各 目的別로 정당한 물값을 決定해 줄 수 없다면 OR技法으로도 물의 供給을 적절히 制限配分시켜 最大便益을 줄 수 있게 하는 最適化는 있을 수 없으므로 OR은 各機構에서 副次시스템들에 對한 小單位 最適化(Suboptimization) 문제를 다루는데만 쓰도록 制限해야 한다. 全體的인 문제를 小單位 最適化가 될 수 있는 支配的인 小單位와 同一視할수도 있다. 例를 든다면 固定 시스템의 總費用을 最小로 만들게 한다거나 貯水池 시스템의 물供給量을 最大가 되도록 하는 것 등은 이러한 目標가 될 수 있다. 지금까지 水資源開發에 있어서 成功的인 시스템分析의 活用은 이러한 보다 적절한 小單位 最適化에 局限시켜 많이 이루어졌다. 이러한 型式의 문제이드라도 典型的으로 써오고 있던 手段으로는 너무 복잡하고 해결하기 힘들게 되어 가고 있다. 이와 같은 最小經費문제는 시스템의 形狀과 成果를 固定시켜 놓고 있는 工學的인 設計문제에서 많이 다루게 되므로 目標는 費用이 最小가 되도록 하면 된다.

다. 變數(Variables)

變數란 事業計劃에서 알고자 하는 最終成果가 될 未知인 水量, 施設物의 規模, 事業의 効果 等을 뜻하게 된다. 먼저 式에서 未知量인 Q_I, Q_{MI}, A, K, R, C, 및 OMR 等이 典型的인 變數가 된다. 여러개의 變數들이 式에서 알 수 있듯이 數學方程式으로 연결되어 目標函數라고 불리는 事業의 成果를 表示해 주고 있다. 이러한 變數들이나 이 外의 다른 變數들은 또다른 方程式으로 相關시켜서 制約式을 만들게 된다.

라. 制約(Constraint)

制約이란 한 方程式內의 變數의 연결을 뜻하는 것으로 그 問題의 여러가지 경우에 대한 變數들의 質値를 表示하거나 上下限界를 設定하는 식이 된다. 普遍的으로 한 問題속에 많은 制約方程式을 가지게 되며 몇 개의 變數로서 구성되고 있다. 주어진 變數는 이와 같이 몇개의 制約方程式으로 나타내는 바 그 例를 들면 다음과 같다. 萬若 저수지에다 洪水調節, 生工用水, 灌漑用水를 爲한 容量을 두어야 하고 그 地點의 最大貯水容量은 2억 m^3을 넘을 수 없다면 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$X_{FC}+X_{MI}+X_1 \leq 200,000,000 m^3$$

即 모든 目的을 爲해 配分해줄 貯水容量의 총계가 2억 m^3과 같거나 적어야 하는 것으로 制約式이 表示된다. 이 外에도 洪水調節容量으로 最小 40,000,000m^3이 있어야 한다면 두번째 制約式은

$$X_{FC} \geq 40,000,000 m^3$$

그리고 生工用水를 爲해서는 60,000,000m^3이 必要하다면

$$X_{MI} = 60,000,000 m^3$$

이라는 式이 나온다. 이와 같이 만들어 줄때 注意할 點은 不可能하고 否定的인 制約式을 만들지 않도록 하는 것으로 問題의 解決이 不可能해서는 안 되는 것이다. 예를 든다면

$$X_{FC}+X_{MI}+X \leq 200,000,000 \text{ 은}$$

$$X_{FC} \geq 40,000$$

$$X_{MI} = 60,000$$

$$X_{MI}+X \geq 120,000$$

라는 制約式들과는 맞지 않고 있다.

다음 그림에는 OR을 水資源開發에 適用시키게 하는데 좋은 시스템의 例가 나와 있다. 이 시스템 속에는 數個의 旣設 및 豫定貯水池地點과 海水의 淡水化施設의 位置 等이 表示되어 있다. 여기서 여러 事業들의 最適規模를 決定하는 것과 旣設貯水池의 操作을 어떻게 變更하면 灌漑, 生工用水 및 發電에서 最大純便益을 얻을 수 있는가가 問題된다. 어떤 制約 即 水利權, 魚族, 舟運 및 鹽水侵入의 防止 等에 對한 最低放流量은 滿足되도록 해 주어야 한다. input資料는 河川流量推計的이거나 決定的인) 建設單價, 經濟便益等이 된다.

目標函數의 變數

灌漑取水 : 1_1, 1_2, 1_3, 1_4

生工用取水 : M_1, M_2, M_3

發電 : P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7

貯水池容量 : S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9

水路容量 : C_1, C_2, C_3

鹽水淡水化시설規模 : D

터널 크기 : T

制約式에서의 變數

河川流量 : Q_1, Q_2, Q_3, Q_4, Q_5

魚類를 위한 放流量 : F_1, F_2, F_3, F_4

舟運用 放流量 : N

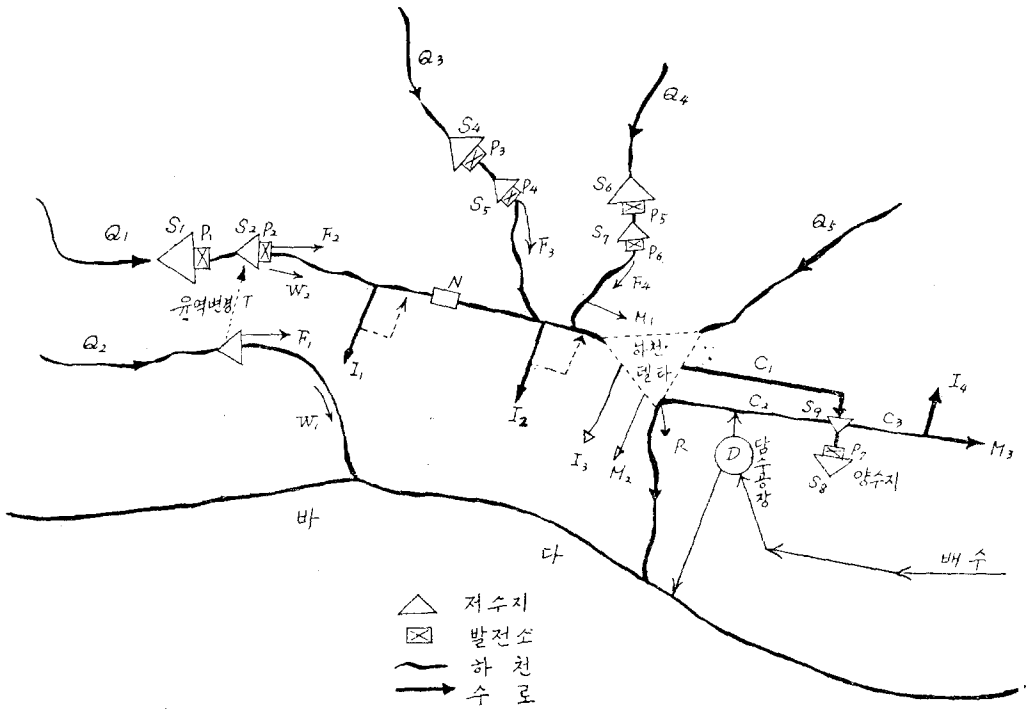

그림 OR 적용대상의 전형적 수자원시스템

鹽水침입방지유량 : R
水利權보장유량 : W_1, W_2

3. 基本技法

數學的解法이 시스템分析의 中樞的역할을 이루고 있다. 이러한 數學的 技術은 어렵지는 않지만 대부분의 경우 大量의 數値計算이 수반되므로 高性能의 컴퓨—터 活用이 불가피하다. 問題구성단계에서는 그 문제에 가장 잘 맞는 모델을 決定해야 하므로 이에 대한 적합한 판단이 必要하며 컴퓨—터 解答을 옮겨 줄 때에도 판단해야 할 문제가 많다.

가. 線形計劃法(Linear programming)

線形計劃法(LP)은 가장 널리 알려진 技法으로 시스템分析에서 最適化 모델에 쓰이고 있다. 여기서는 모델을 獨立線形方程式의 系列을 써서 過程(或은 運用)을 說明할 수 있도록 問題를 모델化하고 있다. 먼저 나와 있는 式은 線形計劃法으로 모델化한 例이다.

萬若 한 시스템을 線形으로 表示할 수 있다면(即 $Z=2X_1+3X_2=5X_6$) 關聯式보다 적거나 같거나 或은 더 많은 制約方程式을 가지게 되어 한 目標函數를 最大化 或은 最小化시킬 수 있게 된다. 線形計劃法에서는 問題의 구성, 해답의 발견, input 資料의 變動에 따른 結果變動의 調査와 分析等까지 包含해서 할 수 있다. 後者의 機能을 一般的으로 感應度 分析(Sensitivity analysis)라고 부른다. 모든 컴퓨—터 시스템에서는 利用者들을 爲해서 LP 팻케이지(Software)를 준비하고 있어 利用者는 獨自的으로 복잡한 컴퓨—터 프로그램을 할 必要가 없게 도우고 있다.

나. 動的計劃法(Dynamic programming)

動的計劃法(DP)이란 總體的인 效率性이 極大化되도록 系統的으로 小單位 決定들을 컴비네이숀시키는 節次를 마련해 주고 있다. LP와는 달리 標準的인 數學的方法을 가지며 各 DP문제는 獨自的으로 개발되어야만 하는 것이다. 이와 같이 DP는 문제해결에 대한 一般型이 되며 各個 條件에 알맞는 特殊方程式을 開發하여 活用하지 않으면 안된다. 動的計劃法에서는 段階別로 系列化되어 繼續的으로 作動되도록 해 준다. 많은 量의 問題를 많은 段階로 細分하여 이 各段階가 總體的인 最適化에 寄與하게 해 준다.

다. 시뮤레이숀 法(Simulation)

광범위하게 쓰이게 된 시뮤레이숀이란 用語는 非數學的인 論理的過程도 함께 산술적이고 대수적인 關係를 사용하여 모델을 만든다는 뜻으로 보급되고 있다. 이러한 型式의 모델은 最適値를 解析的方法에 依하여 풀려고 하기 보다는 오히려 컴퓨—타 시스템에 시뮤레이트 하는 것이 效果的이다. 시뮤레이숀이란 이와 같이 典型的인 解析的方法論으로는 直接 해석이 될수 없는 복잡한 시스템의 연구에 利用되는 經驗的 문제해결법이다. 대부분의 水資源計劃문제는 너무 복잡한 非線形的인 시스템 制約式이나 聯關 파라메타等이 包含 相關되고 있는 大規模시스템을 이루고 있다. 이와 같은 경우 시뮤레이숀은 이러한 複雜性을 합락시키는 方法이 되어 주기 때문에 다른 方法으로는 到底히 打開못하는 問題를 풀게 해 준다.

이 方法은 最適化의 直接解法은 아니지만 그러나 試算—誤差的인 方法에 의하고 있다. 計劃전문가는 적절한 판단을 通하여 最終的으로 最適解를 얻게 하기 爲하여 다음 段階를 가는데 어떤 最善의 方法을 各段階에서 決定해야 하는가를 계속적으로 내려주어야 한다. 典型的인 解析方法論이 活用 안되는 경우에 시뮤레이숀을 쓰기 때문에 이는 最終的인 手段으로 쓰는 技術이라 불리고 있다.

라. 넷트워크 分析法(Network analysis)

많은 問題들은 相互 連結된 結合點을 가지는 넷트워크로서 成立시킬 수 있다. 連結線은 "branch"라고 부르며 이는 用水暗渠나 送電線 或은 通信線等이 될 수 있다. 結合點들은 貯水池, 發電所, 村落 等이 된다. 넷트워크의 結合點과 branch에서의 容量, 費用 或은 流通要求量 等에 대한 最大 最小 或은 特定値를 부여시켜 制約시키게 한다.

넷트워크 分析法은 最大生産量을 達成키 爲한 製造工程에서의 資源의 配分·長期間에 걸쳐 需要增加에 맞추어 가면서 段階建設을 해야 하는 水資源開發事業等과 같은 物理的모델과 類似한 事業을 除外하고는 成功的으로 適用되어 왔었다. 이 方法은 計算으로 最適解를 얻는데 대단히 效率的인 方法이 되고 있다. 넷트워크 理論의 特殊小分野인 PERT와 CPM은 研究開發事業, 建設事業, 製造工程 等과 같은 복잡한 분야의 計劃과 調整에 있어 有用한 管理道具로 쓰이고 있다. 이 方法들의 基本目標의 하나는 特定期日에 끝낼수 있는가에 대한 可能性을 決定해 주는 手段이 되며 또한 遂行 도중에 있어서의 장해가 확인되고 計劃變更 때문에 일어나는 結果를 豫測할 수 있게 해 준다.

마. 非線形計劃法

前述한 LP는 시스템 分析에서 가장 많이 利用되고 있는 유일한 技法이다. 하지만 많은 實際問題는 非線形函數를 使用하는 數理的 모델에 依하여야 가장 正確하게 記述될 수 있다. 따라서 最近에는 研究의 關心이 線形에서 非線形으로 바꾸어지고 있다. 一般的 非線形問題에 對한 效率的인 方法은 아직 나오고 있지 못하나 이 分野에 있어서도 重要한 특정 케이스에 對해서는 현저한 진전이 이루어지고 있다.

이러한 方法들은 一般的으로 대단히 복잡한 것이다.

4. 關聯되는 數學的技法

OR과 가장 근사한 것으로는 주어진 目標函數의 最大 或은 最小値를 구하게 해 주는 數學的技法을 들 수 있다. 이 새로운 數學的技法을 獨自的으로 活用하거나 或은 시스템分析에 들어가는 input 資料 처리에 써서 事業의 分析, 計劃, 評價를 할 수 있다.

가장 直接的으로 關聯되고 있는 두가지 技法은 事業便益分析을 改善함에 있어 道具로서 쓰고 있는 input-output 經濟分析과 事業計劃에 들어가는 水文學的 input의 無作爲的 本質에 對한 보다 合理的인 解析을 可能케 하는 技術인 推計水文學이다.

가. input-output 分析

1—0分析은 地域 및 國家經濟의 構造的 相關性을 서술하는 計量經濟的 方法이다. 1—0 모델은 經濟活動 전반에 걸친 영향(impact)을 조사하는데 가장 적합하다. 1—0 槪念은 經濟專門家들 사이에서 分析的 시스템으로서 널리 동의를 얻고 있으며 二次便益을 推定하는 어떤 다른 旣存方法보다 좋은 方法으로 인식되고 있다. 그 위에다 이 方法에 대한 높은 信賴度 때물에 現存하는 解析的시스템 以上으로 많은 利點을 가지고 있는 것이다.

나. 推計水文學(Stochastic hydrology)

最適水資源開發을 爲해서는 지금보다 낳은 水資源의 評價, 豫測 및 管理에 對한 새로운 方法이 계속 要請되고 있다. 部分的이나마 適切한 水文資料의 不足은 目標達成을 저해하게 되므로 이러한 결함을 극복할 수 있고 現 活用되고 있는 水文解析方法의 不滿을 改善하기 爲하여 推計水文學이 나오게 되었다. 推計水文學은 數理統計學, 確率理論, 컴퓨니케이숀理論 等을 水文解

析에 適用시킨 새로운 分野이다. 美土木學會 地表水水文學分科委에서는 推計水文學을 定義하기를 "水文解析에 있어서 水文學的 變數들의 統計的特性 操作을 變數들의 推計的特性에 의거 이루어지게 하는 것이다. 推計的變數란 機會變數로 定義되거나 或은 確率函數에 의하여 決定되는 값이다."

決定的시스템(Deterministic system)에서는 各 變數와 파라메타들이 어떤 주어진 條件下에서는 一定數値나 或은 一系列値가 되게 決定되지만 推計的시스템에서는 利用되는 變數들이나 或은 파라메타들에 不確定性原理를 도입하여 input-output 관계와 明確히 알 수 없는 常數를 說明하게 해 주게 된다.

시스템分析에 적용하기 爲한 計劃에 推計的方式을 채택할 必要는 없다. OR과 確率理論을 쓰고 있는 것은 다음 네가지로 나눌 수 있다.

1) **決定的 資料**(Deterministic data)

이것은 現 美國務省開拓局(U.S.B.R)에서 쓰는 方式으로 Input 資料에서의 不確定性을 無視하고 觀測値를 그대로 使用하게 된다. 이미 잘 알려진 方法에 따라 不連續的인 增加量의 크기別로 시험하는 方法을 最適化決定에 쓰고 있다.

2) **數學的으로 最適化시킨 決定的資料**(Deterministic data, Mathematically optimized)

이것은 決定的資料와 數學方程式을 써서 모든 시스템變數들을 모델化 하며 數學的으로 最善이거나 最適인 解答을 얻게 하는 것이다.

3) **推計的資料**(Stochastic data)

이들 資料들은 統計的特性을 가지면서 無作爲變數라고 가정한다. 문제의 해답은 一定한 確率限界안에 있는 確實한 것이라야 한다. 最適化는 이미 알려진 판단에 의해 不連續的인 增分量別로 시험하여 決定한다.

4) **數學的으로 最適化된 推計的 資料**(Stochastic data, Mathematically optimized)

이것은 2) 및 3)의 복합형으로 여기서는 最適化 모델에 推計的資料를 쓰고 있다.

5. 結 論

시스템分析은 計劃이 보다 좋고 經濟的인 事業이 되도록 하는 가장 科學的인 새로운 技術임은 말할 여지가 없다. 最大의 收益을 이루게 하도록 하는 農業灌漑便益을 爲한 線形計劃法, 最大의 물 및 發電 或은 洪水調節을 實現시키게 하기 위한 多目的貯水池群의 動的計劃法等 모든 面에서 活用의 範圍와 妥當性이 인식되어가고 있다.

아직 美國等 先進國에서도 水資源開發機構들에서 OR의 活用關心度가 비교적 적은 것과는 대조적으로 推計水文學의 適用에 對해서는 인식을 새롭게 하고 있다. 아직까지는 推計水文學 分野에 있어 모든 面에 完全統一된 理論이 定立되지는 못하였지만 水文資料의 解析에 對한 새로운 힘을 추가시키게 되었다는 點에는 水文學者間에 意見이 一致되고 있다.

○ 내가 아낀 물 한방울 살져가는 나라살림
○ 한방울의 물 허비말고 나라자원 확보하자

○ 나도예방 너도예방 삼천사백만이 재해예방
○ 풍수해 예방하여 복지국가 건설하자

○ 내재산 내향토는 내손으로 보호하자
○ 살기좋은 우리고장 재해막고 살아보자