

## 〈研究動向〉

## 水文學의 未來(I)

金 再 韓\*

최근 Kundzewicz<sup>1)</sup>는 水文學의 장래성에 대하여 상당히 좋은 내용을 발표한 바 있다. 本 內容은 이를 참고로 하였음을 밝혀둔다.

水文學의 科學的 技法의 開發이 장래에 어떻게 예측될 것인가를 論하고자 할 때, 우리 水文學者들은 두가지 樣相을 생각할 수 있다. 即, 既存 趨勢의 外插과, 더 많은 入力值들의 豫見, 自己回歸의 類推로 간주될 수 있는 前者는 과거에서 오늘 날까지의 연구에서 관측되었던 경향의 외삽을 의미하게 된다. 科學的 研究의 動的系의 慣性때문에, 既存의 연구경향이 미래의 水文學에 어떤 충격을 주게 된다. 이와같은 충격은 분명히 시간이 흐를수록 감소하게 될 것이다. 미래의 水文學의 연구의 본질적 부분은, 오늘날의 연구개발에 장애가 되고 있는 것을 해결코자 하는 방향으로 하고자 할 것이다. 後者의 경우는 外的 條件, 即 政治的, 經濟的, 技術的, 人口學的, 社會的 관계에서의 물 문제들을 豫見하는 것을 의미한다.

水文學이란 地球科學이다. 그러므로, 自然變遷過程의 描寫는 그 自體가 우리들의 基本的 思考力 발달에 기여하는 標的이라고 생각되어 질 수 있다. 아직도, 물의 循環過程의 描寫나 認識에 있어서 지금보다 더 많이 개발될 餘地가 많다. 하지만, 두가지 기본 實利의 목적에 근거를 두고서 개발되어야 하겠다. 그 하나는 공간적 및 시간적 변화성을 내포하고 있는 水資源의 査定을 돕는 것이며, 또 다른 하나는 모든 가능

한 이익의 범위에서 예측을 修正하는 것이다. 장래의 入力들이 水文學에 미치는 영향이 관계되는 限, 물에 관한 科學의 重要성의 持續的인 증가, 즉 점점 稀少商品으로서의 물을 豫見할 수 있을 것이다.

비록 이와 같은 過程의 動的 힘에 대한 査定에 큰 相違함이 있다고 할지라도, 물에 대한 需要의 증가는 확실하다. 1980년에 美國 大統領에 보고된 內容에 의하면, 總 물 需要量은 2,000년에 5,450~18,700km<sup>3</sup>/年으로 算定되어 있으며, 反面에 1977년에는 3,000km<sup>3</sup>/年보다 적은 量이었다고 되어 있다. 그런데 2,000년에 給水의 下限算定值가 40,000km<sup>3</sup>/年으로 되어 있어, 이는 總 물 需要量에 比하여 몇 배에 해당되는 것이므로 별 걱정이 되지 않는다고 생각된다. 그러나, 이는 잘못된 判斷이라 하겠다. 왜냐하면, 이는 모든 것을 총 집계한 규모에 해당되므로 特別한 장소나 시간에 발생될 수 있는 문제의 심각성에 대한 어떤 情報도 주지 않기 때문이다.

旱魃이나 洪水와 같은 피할 수 없는 극단적인 自然現象으로 因한 損失은 미래에도 증가할 것으로 생각된다. 총 규모면에서 비록 상당한 비용을 들인 가뭄보호대책(시간과 공간의 물의 이동, 물의 使用量, 脫監)이나, 經濟的 動機에 의한 물 回收의 축소 및 操作과 新技法 等の 도움에 의한다 할지라도, 증가하는 가뭄피해의 위험성을 배제시킬 수는 없다. 또한, 총 규모면에서 홍수에 의한 피해손실도 증가할 것이라는 것이 豫見된

\* 忠南大學校 土木工學科 教授

다. 都市化와 森林伐採의 地域에서는, 감소된 遲滯時間과 증가된 尖頭流量에 의한 홍수피해는 더욱 더 加速될 것이다. 더불어, 文明의 발달에 따라서 일어나는 水質汚染의 대책도 시급하다고 하겠다.

### 外挿에 의한 豫測

다쳐 올 2,000년의 水文學 開發을 예상해 본다는 것은 그리 어렵지 않은 것 같다. 왜냐하면, 2,000년이란 앞으로 멀지 않은 時間帶이기 때문이다. 2,000년의 豫備查定을 위하여 線形外挿을 사용해 볼 때, 이는 지금부터 10年 前의 水文學의 科學的 단계에 해당된다.

1970年代의 水文學의 研究動向을 살펴 보면, 強調된 事項들이 意味있는 模型化의 노력보다는 오히려 水文資料들의 표현에 더욱 더 치우쳐 있었다. 따라서, 그 當時 사용되었던 數學的 이론들은 지금보다 훨씬 더 간편했었다. 예를들면, 1970年代의 水文學 研究를 위한 數學技法에서 偏微分方程式의 사용이 그다지 흔하지 않았다. 그러나, 高速 電子計算機의 출현에 힘입어, 이의 사용에만 사로잡혀 있었던 것처럼 보인다.

1970年代의 東·西洋 모두 水文學을 確固한 物理的 바탕에 두고자 하였으며, 이와 같은 事實은 Eagleson의 著書<sup>21)</sup>에서도 찾아 볼 수 있다. 또한 確率, 統計 및 推計學的 過程이 水文學 및 水資源 研究에 適用開發 되어졌으며, 간편한 線形系에서부터 여러가지 水文學의 過程의 綜合實行을 模擬한 복잡한 模型(예를 들면, Stanford 모형)에 이르기까지 여러 概念的 모형이 擡頭되었다. 더불어, 動的系(Dynamic system)로부터 誘導된 線形과 非線形 水文系의 진보된 이론이 出現하였다.

약 20年前에 水文學의 國際化가 이루어지고 있었다. 그러므로, 높은 水準의 水文學이나 水資源 분야의 잡지가 대두 되었다.

最近 水文學의 科學에는 Klemes<sup>22)</sup>에 의하여 제시된 바와 같이, 정교한 솜씨로 과거 관측 流量 水文曲線을 맞추고자 한다는 비평도 있다. 1970年에서부터 최근에 이르기까지 水文學 研究에 그리 많은 획기적 개념들이 나타나지 않았다. 성취된 것 가운데 성공적이라고 할 수 있는 것들로서는, 적용할 수 있는 技法들에 의한 實時間 예측,

地形學的 瞬間單位流量圖, 推計學的 動力學 및 지구통계학적 技法(Kringing)을 들 수 있다. 오늘날의 여러가지 新技法들이 2,000년에 水文學으로서 확고한 인정을 받을 수 있을지, 아니면 短期的인 방법으로 지나쳐 버릴지 지금으로서는 확신할 수가 없다.

최근에 水文學의 過程들 사이의 상호 작용성에 대한 강조가 여러모로 정당화 되고 있다. 예를들면, 地表水와 地下水가 本質體로서 간주되기에 전형적으로 결합된 모형을 이룰 수 있다.

빈번히 출현되는 주제는 기후적이나 지형학적인 특성에 따른 水文學의 地域化이다. 그리고 이는 두가지 관점으로 고려될 수 있다. 그 첫번째로서는, 質量, 運動量, 에너지 보존을 나타내는 명확한 物理的 법칙들이 모든 水文系에 내포되어 있다. 이 점에 있어서의 지역화란, 특수한 지역에 대하여 정당화될 수 있는 일반 방정식들의 근사화의 적용성의 연구를 의미할 수 있다. Kovács<sup>23)</sup>가 다음과 같이 언급한 바 있다: “물의 순환과정의 일반적 특성은 지역적 조건들에 의하여 수정되는 것은 아니다. 그러나 서로 다른 연관된 여러가지 과정들의 加重值들이 상당히 변화되어질 수는 있다.” 예를 들면, 완전한 식의 특수 항들의 加重值의 크기 해석의 결과로서 보다 중요하지 않는 항들은 무시될 수 있다. 그 두번째로서는, 數學的 物理學의 엄격한 방정식들과는 무관하게 개발된 系模型을 위한 水文學의 개념들이 지역적으로 적용될 수도 있다. 예를들면, 특수한 조건들에 대하여 유효한 경우이다.

과거의 研究에서 動的系 이론, 電氣工學, 化學工學, 地理學 등과 같은 다른 科學的 분야들로부터 얻어진 水文學이 얼마나 도움이 되었는지를 명확하게 알 수가 있다. 이에 관한 많은 것들 가운데 몇가지만 열거하면 다음과 같다:

(a) 地域化에 분류기법의 적용이 수십년간이나 地理學에 사용되어 왔다.

(b) 여러가지 水文學의 質的 模型들이 化學的 리액터(Reactor) 工學概念으로부터 모방하고 있다.

(c) 積分 作用素들의 Volterra 급수가 19世紀의 數學에 소개되어진 후, 1940年代에 電氣工學에 적용되어졌고, 1960年代에 水文學에 전달되어진 이래로 지금까지 아직도 관심의 대상이 되고 있다.

(d)1960年 이래로 電氣工學에서 알려진 Kalman filtering技法이 십년 이상이나 水文學에 적용되고 있다.

(e)水文學的 模型의 概念的 要素들(線形 貯水池, 線形 水路 等)이 線形 回路(Linear Curcuits) 이론의 各항들과 數學的으로 同等하다. 이에 대한 광범위한 토론은 Kundzewicz<sup>1)</sup>에 의하여 주어 져 있다.

單位流量圖의 概念이 電氣回路의 既存線形理論, 即 廻旋積分으로부터 外見上 어떤 영향을 받지 않고 1932년에 Sherman에 의하여 開發되어졌다. 電氣回路理論이나 動的系理論 概念들의 初期使用은 單位流量圖 方法들의 개발에 도움이 되었을 것이다. 그러나 Dooge<sup>2)</sup>가 單位流量圖의 일반 이론을 짜임새 있고 일관성 있는 線形 動的系 이론에 삽입시킨 것은 1950年代 후반에서 였다.

많은 독창적인 개발(예를 들면, 다른 과학적 분야의 中개역할 없는 數學的 개념의 적용)이 確率論的, 統計學的 및 推計學的 水文學에서 찾을 수 있는 것으로 보인다. 그 예가 貯溜의 理論, 洪水頻度解析, 위험 및 신뢰성의 査定, 地形學的 單位流量圖 等이다.

쉽게 求할 수 있는 小型電子計算機의 출현이 많은 연구자들의 계산을 실험할 수 있는 結果를 갖도록 하였다. 그 結果로 요즈음은 水文學的으로 有用하고 복잡한 數學的 함수들의 값들을 表化할 需要가 없게 되었다. 따라서, 개발도상국에서 많은 사용자들에 효과적으로 사용될 수 있는 解析的 公式들이나 계산기 프로그램을 개발한다는 것이 中분케 되었다.

컴퓨터는 제쳐놓고라도, 최근 數十年內에 水文學的 자료습득에 놀랄만한 발전이 있다. 원격조정(telemeter)나 자료전달에 분명히 主改革이 일어나고 있다. 원격조정의 진보는 降雨의 水文學的 자료를 습득키 위한 레이더의 사용이나, 大地域上의 地盤狀態를 모니터를 써서 감시할 수 있는 人工衛星의 사용을 포함하게 된다. 이 人工 위성은 水資源의 可用性 예측이나 洪水豫見 및 수질오염지역과 資源의 探查를 가능케 한다. 또한 人工위성은 各 地上局에서 기록된 자료들을 水文學資料 中央本部에 수송하는데 상당히 유용하게 사용될 수 있다.

어떤 분야에서는 測定이 가능하므로써 적절한

이론을 내놓게 되었다는 것이 事實이다. 降雨-流出 模型化에서 空間-時間的 분야들에 대한 尤효한 完전 정보를 사용한다는 것은 현재로서는 어렵다. 다만 최근에 간단한 分布型 物理的 降雨-流出 模型들(cell models)이 開發되고 있는 中이다. 또한 거의 主觀的이고 不確實한 有効雨量의 算定方法論들이 최근의 자료습득기법들과는 잘 맞지가 않는다.

實用的 水文學과 理論的 水文學 사이에 상호관계를 開發한다는 것은 中대한 관심사이다. 이는 Plate<sup>3)</sup>가 水理學的의 필요성과 新開發에 관한 總괄적 註釋에서 언급한 바와 같이, 實務를 담당하는 工學者들의 연구결과를 바탕으로 한 경험으로부터 많이 배움으로써 實行될 수 있을 것이다. 우리들은 진실로 실험을 통하여 얻어진 문제들과 연구자들이 찾고자 하는 것들을 위하여 적용을 明細化하므로써 公式化한 실제적인 것과 같은 문제들과는 엄연히 구별하여야 한다.

### 參考文獻

1. Kundzewicz, Z. W., The hydrology of tomorrow, Hydrol. Sci. J., 31(2), pp.223-225, 1986.
2. Eagleson, P. S., Dynamic Hydrology, McGraw-Hill, New York, 1970.
3. Klemes, V., Conceptualization and scale in hydrology, J. Hydrol., 65, pp.1-23, 1983.
4. Kovács, G., General principles of flat-land hydrology, In Proc. International Symposium on Hydrology of Large Plains, Olavarria, 1983.
5. Kundzewicz, Z., Elektrische analogien zur modellierung hydrologischer systeme, Arch. für Elektrotechnik, 63, pp.169-176, 1981.
6. Dooge, J. C. I., A general theory of unit hydrograph, J. Geophys. Res., 64, pp.241-256, 1959.
7. Plate, E. J., Summary of discussion "New Developments and Needs in Hydraulics," In: Proc. X VII IAHR Congress(Cagliari, Italy), 6, pp.716-726, 1979.