

〈研究動向〉

水文學의 未來(Ⅱ)

金 再 韓*

1. 開發의 障壁들

水文學의 科學의 進一步의인 面을 생각할 때 중요한 요소는 미래水文學의 관심의 초점으로 남을 것 같은 開發에 대한 방법론적 장애의 解析이다.

계산상의 장애는 거의 존재치 않는것 같이 보인다. 비록 우리들이 水文學(地表水理學, 물과 地下水의 상호작용, 有機化學 및 혼합물 等)에서 초대형 컴퓨터의 潛在的 적용분야를 끊임없이 찾고있다 할지라도, 오늘날의 컴퓨터가 수습할 수 없는 문제들을 우리들로 하여금 풀게 끔하는 컴퓨터技法의 진보된 개발이 최근 많지가 않는것 같다. 이와같은 말들은 水文學에서보다도 오히려 大單位 물管理系에 관하여 최근에 찾아 볼 수가 있다. 그러나, 컴퓨터적용의 진보에는 부정적인 면도 또한 존재한다. 컴퓨터는 컴퓨터화된 思考(더 적절한 표현으로는 無思考: 컴퓨터가 인간의 생각을 대체할 수도 있다는 확신)으로 불려질 수 있는 水文學에 위협을 환기시킨다. 解析의으로, 때로는 閉型解(Closed form solution)에서 조차 解가 개발될 수 있는 高度의 계산상의 노력에 힘입어 연구결과들이 지나칠 정도로 많이 얻어진 여러 出版物들이 존재한다. 실제적으로, 閉

型解라는 그 말은 컴퓨터 時代에서 가치가 떨어진 의미를 때때로 얻어 왔다. 왜냐하면, 많은 水文學者들의 의견으로는, 컴퓨터가 實世界 問題들의 解를 도울 수 있는 때가 바로 지금이며, 반면에 解析的 결과들이 고도로 간편화된 非現實的 문제들에는 확실히 적합하기 때문이다.

최근 水文學의 出版物에 주어진 參考文獻의 目錄들이 컴퓨터時代以前의 많은 業績들을 내포하고 있다. 컴퓨터以前時代에서 내놓았던 많은 Idea들이 時期的으로 너무 일찍이 出現되었으며, 그들이 적절하게 算定되어지고 응용될 수 있는 때는 바로 지금이다. 예를 들면, 19世紀에 불란서에서 제시된 動水力學들 가운데 많은 훌륭한 업적중의 하나인 Saint-Venant公式은 數十年을 통하여 學術的 흥미를 가졌다. 이들은 특별한 경우를 제외하고는 해석적으로 풀수가 없다. 비록 컴퓨터以前時代에서 보여준 계산상의 장애(예를 들면, 복합계산을 수행할 수 없는 기술적 불가능성)의 특성이 사라졌다 할지라도, 복잡한 모형들의 실제적 사용에는 다른 장애가 있다. 아마 가장 중요한 장애는 地下水 運動의 예에서 분명히 나타낼수 있는 測定이나 確실한 증거이다. 이문제는 自然帶水層의 特性的, 한 공간적 可變性面에서 進行(系) 媒介變數들의 有效值를 측정하거

* 忠南大學校 土木工學科 教授

나 결정하는 방법이다. 만약 實際問題에 해당되는 差分網의 格點에 대한 模型媒介變數들이 필요한 정확성을 얻지 못한다면, 數學的 物理學의 복잡한 非線型방정식의 정확한 解가 얻어질수 있게끔 하는 高度로 精巧化된 技法들이 별 소용이 없다.

水文學에서의 컴퓨터는 도처에서 열광적으로 받아 들이고 있다. 이와같은 것이 최근 측정기법에 관해서 어떤것을 일컫지는 않는다. 측정기법을 위하여 필수적으로 갖추어야할 중요한 기구들은 高價의 레이다, 人工衛星, 레이저-도플러 풍력측정법, 동위원소 기버등이며, 이들은 컴퓨터와는 달리 급속히 감소하는 경향을 보여 주지는 않는다. 원격조정의 경우에 숫자 映像解法이나 過程을 위하여 전문가 컴퓨터 소프트웨어가 필요한 것처럼 자격을 갖춘 인원이 필요하게 된다.

水文學의 다른 괄목한 진보된 것은 因果性을 추구하고자 한 것이다. Klemés⁽⁸⁾에 의하면, 敘述的인 단계에서 偶然的인 단계로의 변천은 주어진 科學分野에서 성숙된 단계에 이른다는 것을 나타내고 있다. 그러므로, 서술적 水文學이 실제문제들을 풀기위하여 사용되는 경우에 있어서 우리들은 증가된 노력이 예견된다. 이에대한 예가 水文學的 媒介變數의 地域化를 위한 相關 및 回歸의 사용에서, 즉 實務者들을 위한 표준도구로서 쉽게 주어진다. 그러나, 多次元回歸에 의하여 얻어진 결과들은 水文學的 過程들의 예에서 만족할만한 상태로서 간주될 수 없다. 이들은 因果關係性보다는 오히려 어느정도의 일치성을 준다. 바로 이점이 地形學的 前提에 근거를 둔 單位流量圖를 合成코자, 예를 들면 Rodriguez Iturbe와 Valdes⁽⁹⁾의 因果關係性의 추구를 위한 현재의 노력들이 주된 이유가 된다.

원인의 水文學보다도 오히려 묘사적 水文學의 다른예가 水文學的 변수들의 묘사를 위한 確率密度函數의 선택에 있다. Kaczmarek⁽¹⁰⁾에 의하여 나타난 바와 같이, 비록 특별한 함수의 利點들이 主唱된 수많은 저서들이 있다할지라도, 이와같은

확률밀도함수의 어떤것도 物理的 사고방식으로부터 기인된 것은 아니며, 오히려 추상적 공식들과 기존자료들과 일치시키는 효과에 있다. 실제적으로 유효한 관측자료들의 길이가 통계적 관점으로부터 만족할 것이 못되기 때문에, 극히 희귀한 事象들에 관한 결론들은 대체로 불확실한 상태로 남는다. 그러므로, 어떤 物理的 정당성을 갖지 않는 다른 확률 및 도함수로부터 결정된 1년 확률홍수는 경제적인 결과와는 상당히 다를수도 있다.

그러나, 당분간은 경험적인 공식들이 사용되어야 할 것 같다. 어떤 理想的인 가정하에서 物理的으로 堅實한 開水路의 Saint Venant모형조차도 그 성질이 방정식의 모든 다른 요소들과는 다른 경험적 항이 존재한다. Saint Venant의 운동량방정식의 보존에서 非線型項은 많은 가능한 경험마찰법칙(Manning, Chézy 등) 가운데 하나를 나타낸다.

水文學의 개발에 오늘날 존재하고 있는 다른 구속성은 概念化와 규모사이의 상호관계에 해당된다. 어떤 특별한 규모에서 유효하나 수준에 따라서 다를수도 있는 한 組의 物理的 법칙들로서 離散化된 범위의 규모수준이 있다. 보다 높은 수준의 법칙들이 多元의 범주를 단하나의 범주로⁽¹¹⁾ 줄이는 도움을 얻어, 예를 들면 평균이나 통합을 통하여 보다 낮은 수준으로부터 얻어질 수 있다. 水文學은 이의 연장, 예를 들면 水文學과 근접한 분야, 즉 水理學, 氣象學, 風土學과의 상호개발은 진보를 유발할 수 있는 상대적으로 적은수의 규모수준을 포함한다. 이와같은 연장은 두가지 방향, 즉 上向과 下向⁽¹²⁾으로 가능하다. 上向 概念化의 한 예가 點(動水力學) 규모에서부터 하천구간(水文學的) 규모까지 移行이다. 數學的 物理學의 偏微分方程式을 통하여 模型化된 하천구간의 모든점을 생각하는것 대신에, 空間的 표현을 총괄하므로써 하천구간을 위한 常微分方程式이 얻어진 外的 접근방법이 사용될 수 있다. 上向 概念化의 不利한 점은 低水準上的 현상에 관한 불

완전한 지식의 결과이다. 이와같은 틈은 物理的 의미의 모든 구조를 약하게 할 수도 있는 검사되지도 않거나 간편화된 가정들의 도움으로 대표적으로 채워진다.⁽³⁾

水文學의 진보에 상당히 기여할 수 있는 진취적 일은 下向性 概念化이다. 集水面積 水準에서 유효한 법칙들을 인공위성을 통하여 이용할 수 있는 대류에 대한 법칙들로 부터 세운다는 것이 가능할지도 모른다. 水文學은 대류적보다 더 큰 규모에서 유효한 법칙들의 인식 덕택으로 변창할지도 모른다. 아마 이는 지나친 외삽이기는 하나, 乾期和 雨期の 연속을 지배하는 어떤 규칙들이 존재할 수도 있다. 그러나, 우리들은 이와같은 未知의 모형에 대한 入力의 구조를 결정할 수가 없다.

이것이 水文學的 解析에 대한 入力이 水文學의 범위를 벗어나 있는 유일한 경우는 아니다. 대부분의 水文學的 예측들을 비교하기 위하여, 우리들은 기상학적 예측들을 이용하여야 한다. 後者가 어떤 관심의 범위에 대하여 만족하기는 커녕 거리가 멀기 때문에, 바로 이점이 대표적으로 水文學的 예측과정의 결정적인 부분이 된다. 기상학적 예측들의 본질적 수정이 없다면 우리들은 여러가지 水文學的과정, 예를들면 눈의 融解나 結氷 또는 降雨로부터 발생되는 洪水에 대한 模型化의 실제적 진보를 예측할 수가 없다. 불충분한 降水豫測은 물관리의 영역에서 중대한 결과를 가진다. 저수지로부터 방류되는 유량의 결과는 오랫동안 지속되는 반면에, 저수지에 믿을 만한 입력의 예측들은 단지 짧은 시간범위에 속한다. 만약 많은 流入量이 예견된다면, 저수지 운영규정은 추가적인 보유저류량을 위하여 적절하게 많은 유량을 배출시키도록 한다. 만약 실제 유입량이 예측된 것보다 훨씬 적다고 하면, 장래의 물

결핍의 증가 가능성 때문에 직접적 손실이 있다. 또한 下流에 어떤 손상을 일으킬 과다한 방류량이 발생할 수도 있다.

推計學的 水文學의 개발에 제한성은 定常性의 가정이다. 실제적으로, 水文學的 系와 과정은 지구물리학의 요소들 때문에 항상 非定常性이었다. 그러나, 비정상성의 정도는 인류발생학적 변화의 결과, 예를들면 지역적 토지이용 수정화에서부터 전세계적 기후의 변화에 이르기까지 자연에 대한 인간활동의 충격치들로서 최근 數十年에 빠르게 커져 왔다.

토지이용의 모든 변화나, 轟, 초목, 地表 等の 모든 조작용은 水文學的 媒介變數들(예를들면 粗度, 貯溜特性值)의 변화를 유발하고 지역적 물收支에 영향을 미친다는 것이 기정사실이다. 人間活動의 모든 결과들을 豫言한다는 것이 오늘날 반드시 가능한 것은 아니다. 그런고로, 물收支나 動力學 분야에서 인류발생 효과들을 예견하는 일은 미래 水文學의 주요 목표 가운데 하나로 남을 것 같다.

水文學的 과정에서 非定常性 효과를 고려한다는 것은 방법론적 어려움에 의하여 구축을 받는다. 말할것도 없이, 定常性 가정의 어떤 실제적 변화는 水資源系의 분야에 중요한 함축성을 내포하게 될 것이다.

參考文獻

- 8 Klemeš.V.(1978) *Physically based Stochastic Hydrologic Analysis*, Adv. in Hydrosoci., pp.285-356.
9. Rodriguez-Iturbe. I and Valdes, J.B.. *The geomorphologic structure of hydrologic response*, Water Resour. Res., 15, pp1409-1420
10. Kaczmarek.Z.(1970) *Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii*, Wyd. Komunikacji i Lacznos ci. Warszawa.