

가뭄 진단 및 그 시스템들의 비교분석



변희룡
부경대학교 환경대기과학과 교수
byun@kpu.ac.kr

초록

가뭄을 물부족과 구분하여 다시 정의하고, 이에 따라 기상적, 수문적, 농업적, 경제 사회적 가뭄 등 다양한 이름으로 분류되던 것을 단순히 기상적 가뭄으로 통일할 것을 제의했다. 이 때 가뭄은 자연력, 즉 강수량 부족에 기인하는 재해만을 의미하며, 그 외 인력, 즉 하천유량 감소, 지하수 및 댐 수위 저하에 기인하는 재해는 가뭄으로 다루지 않고 달리 취급했다. 이에 따라 기상적 가뭄지수는, 단 한 개의 지수로 단기가뭄과 장기가뭄을 모두 표현할 수 있어야 하며, intensive measure여야 하고, 가뭄기간을 먼저 결정한 다음 강도를 결정하는 순서를 택해야 하며, 일별지수로 계산과정이 투명하게 제시되어야 하고, 가뭄 지수와는 달리 수자원의 절대량을 표시해 주는 보조 자료가 필요함을 설명하며, 해결책으로 EDI의 특성을 설명했다. 아울러 현재 각국의 가뭄상황을 실시간 Monitoring하는 시스템들을 비교하고 이들이 가지는 문제점과 그 문제점들의 해결방향을 제시한다.

1. 서론

가뭄재해는, 과학부재의 선사시대부터 과학이 급속도로 발전한 최근까지도, 국가와 문명의 흥망을 좌우하면서 인류의 생존을 위협했다. 그러나 발생하여 진행 중인 동안에는 소란스럽게 대책이 강구되다가 해갈되고 나면 금방 잊히는 과정이 반복되는 특이한 재해이다.

이런 악순환 때문에 가뭄에 대응하는 인류의 지식은 아직도 일천하다. 역사에서 나타난 피해의 심각성을 따질 때, 가뭄학이란 이름의 한 활동적 학문 분과가 형성되었을 법도 한데, 아직까지 수문학 또는 기상학 속의 작은 한 부분으로만 취급되고 있으며, 가뭄의 정의를 비롯한 여러 가지 기초 개념들이 명확하지 못하고 혼미한 상태다.

이 때문에 가뭄 연구를 시작하는 많은 과학자들이 연구 시작과 함께 좌절을 겪곤 한다. 대개 처음에는 언제 심하게 가물었는지 부터 조사하다가, 지금까지 가뭄의 강도를 계량화한 것이 타당한지에 대해 의문이 생긴다. 그 다음에는 근본적으로 가뭄이 무엇인지에 대해 회의를 품기 시작

하고는 혼란에 빠지기 시작한다. 기존 연구들 많지만 산만 하여 어디서부터 시작해야 할지를 판단하기가 어렵다.

그래서 연구를 시작하자마자 좌절하는 경우를 많이 보았다. 포기하지 않은 몇몇 연구자들은 먼저 가뭄지수부터 만드는 경향이 있다. 기존의 지수들이 어딘가 미흡한 점이 있는데, 그것이 무엇인지를 발견하지 못한 때문이다. 이러한 경향은 21세기인 최근에도 여전하여 부지기수의 가뭄지수가 개발되었고, 또 개발되고 있는 중이다. 그래서 1999년에는 국제 사회에서 12개 정도 (Byun and Wilhite, 1999) 소개되던 가뭄지수가 2009년 현재 Table 1 과 같이 52개나 발견된다. 국제 사회에 알려지지 않았지만 각 나라마다 가지고 있는 가뭄지수는 또 부지기수로, 대한민국 내에서도 여기 소개되지 않은 것이 십여 개에 가깝다.

지수를 그냥 이용하는 과학도들 또한, 지수들 중 최적의 선택을 하기위한 고충이 적지 않다. 흔히, 가장 계산하기 쉬운 지수 (예; SPI, McKee et al. 1993)를 고르거나, 가장 많이 사용되는 것 (예: PDSI, Palmer et al. 1965)을 고르지만, 그것이 가장 나쁜 선택이 되어 그 위에 쌓은 지식들이 모두 불안정해 진 것을 나중에야 알고 한 번 더 좌절한다.

기초자료로 이용되는 가뭄지수의 신뢰성이 약하면, 우선 가뭄의 강도가 객관적으로 정량화되지 않으며, 이로 파생되는 여러 가지 문제가 따른다. 한 지역에서 발생한 가뭄들마저 언제 가뭄이 더 심했는지를 비교하기가 어려우니, 가뭄의 원인분석이나 예측시도 등 실용적인 문제에는 접근하기가 더욱 어려워진다. 대신에 강수량 자체로 가뭄 강도를 대변하거나 가뭄의 피해정도로 비교하기도 했는데, 이도 객관적이기 어렵다. 그래서 특정지역 내의 가뭄 강도를 비교 연구한 경우나 특정 지역의 가뭄 역사를 정리하는 연구는 좀처럼 발견되지 않는다. 더구나 지구상 여러 지역에서 발생한 가뭄들을 상호 비교하기는 더욱 어렵다. 그래서 간혹 나타나는 가뭄연구들마저 대부분 가뭄의 사례 분석에 치중하여 가뭄학은 여전히 불모지인 상태로 외

면된다.

가뭄이 발생하는 원인에 대한 연구 또한, 가뭄의 계량화가 성공적이지 못하기 때문에, 발전이 매우 더디다. 이런 상황에서도 가뭄은 주기적으로 발생한다(Byun et al. 2008). 몇 개의 가뭄 전문 사이트가 가뭄상황을 분석하여 인터넷으로 방송하고 있지만, 국가도 국민도 이 분석을 신뢰하거나 의의하지 않는다. 그래서 가뭄 연구는 더욱 침체된다.

본 소고는 가뭄의 진단 방법들과 가뭄 monitoring system이 가져야 하는 조건들을 비교하여 정리한다. 그 전에 가뭄은 기초적 정의부터 흔들리는 상태임을 지적하고, 이들을 바로잡는 방안들을 제안한다. 가뭄연구를 처음부터 다시 시작하는 것이다.

2. 가뭄 위협의 증대

유사 이래 가뭄은 인류에게 다른 어떤 재해보다 심각한 피해를 초래했다. 우선 알려진 것을 간단히 살펴본다. 135,000년 전 메소포타미아의 Gilgamesh 왕이 7년 흉년 후에 7년 가뭄이 들 것을 예측하여 7년 가뭄을 견디어 냈다는 전설이 있었다. 이 전설은 구약성경의 출애굽기와 유사하다. 출애굽기에 해당되는 연대는 1850BC 경 이집트의 히콕스왕조 시절이다. 또 7만 년 전에는 극심한 가뭄으로 전 인류가 2000명만 남고 다 죽었다는 설도 있다. 중국에서는 은 왕조(1600BC ~ 1046BC)시절, 탕왕이 7년 지속된 대 가뭄을 10전 전부터 대비하여, 국가를 보전하였는데, 이 기록은 조선왕조실록에만도 200번 이상 나온다. 그 후 역사시대에 들어와서, 한, 신, 당, 명, 발해 등의 국가의 흥망이나 마야, 앙코르 왓트 등의 문명의 흥망이 가뭄과 유관하다는 학설이 자주 발표되어 왔다. 즉 고대에서 근대까지 가뭄은 국가나 문명의 흥망 뿐 아니라, 인류 전체의 존망과도 연관된 재해였다. 이 중에는 아직 정사(正史)로 인정되지 않는 학설들이 있긴 하지만, 연구가 더 진행되면 정사로 인정되는 경우가 더 많아질 것이며, 더 많

은 피해사례들이 추가로 밝혀질 것이다.

20세기에도 가뭄은 약 4,500만의 인명을 해한 것으로 집계된다. 대표적인 경우는 1900년도 초반에 아시아 아프리카를 휩쓴 대형 가뭄이다. 그 다음은 1930년대 후반 미국을 휩쓴 Dust Bowl이다. 21세기에도 여전히 맹위인데, 2009년 현재 가뭄에 시달리고 있는 나라는 셀 수도 없이 많다. 사상최대 또는 50년 이상의 주기로 오는 큰 가뭄이란 말이 사용되는 경우만 나열해 보면, 미국, 호주, 브라질, 아르헨티나, 이스라엘, 중국, 스페인, 영국 등이다. 더욱 염려스러운 것은 이 가뭄이 1900년대 초반 지구촌 광역에서 발생한 대형 가뭄의 다음 주기에 해당하는 가뭄일 수도 있다는 우려이다. 만약 사실이라면 1900년대 초에 겪었던 광범위하고 심한 가뭄을 또 겪어야 한다는 말이 된다.

가뭄 외에는 자연 재해가 국가나 문명의 흥망을 좌우한 경우는 거의 발견되지 않았다. 화산과 지진도 피해가 컸지만, 국가의 흥망까지 좌우하진 못하였다. 홍수나 태풍은 피해지역의 인근에 많은 양의 수자원을 공급하여 오히려 풍년을 초래하는 경향이 있었다. 이러한 심각성에도 불구하고 가뭄은 아직 한 번도 연구되고 분석되는 기회를 가지지 못한 상태이다. 더구나 현 시대는 지구 온난화의 위협이 동반되고 있다. 그래서 기후변화에 대응하는 활동이 여론의 호응을 받아 추진력을 갖추기 시작했다. 그래서 많은 연구와 행정이 기후변화에 대한 대비로 집중되고 있다. 기후변화의 위협에서 인류가 가장 먼저 경계해야 하는 것은 기후변화가 일으키는 첫 대형 재해일 것이며, 그 중에서도 가뭄이 가장 두려운 존재다. 앞서 나열한 바대로, 국가와 문명과 인류 전체의 존망까지도 공격할 수 있기 때문이다. 그 다음이 호우일 것이고, 그 다음이 열파, 생태계 교란, 질병 발생 등등은 다음다음 순서로 매겨질 것이다.

생활 방식의 변화로 생활용수의 사용량은 엄청나게 증가한 상태에서, 지구온난화와 함께 또 대형 가뭄이 발생한다면, 그에 따라 발생하는 재해의 강도는 얼마나 클지 상상하기가 쉽지 않다. 그런데도, 정작 가장 중요한 재해인 가뭄은 주 무대에 등장도 못하고 있다. 워낙 기초부터 부

실한 학문이라, 첨단이란 각광을 받으면서 화려하게 발달한 타 분야와 공개 경쟁할 상태가 되지 못하기 때문이다. 간혹 피해의 심각성에 매력을 느껴 연구를 시작하던 연구자들도 대부분 초기에 좌절하고 포기해 버려 연구 인력은 육성되지 못했다. 남아서 연구를 계속하는 인력은, 자료 수집과 자료 정리, 그리고 연구실적 쌓기에서 타 분야에 비교하기 어려운 악조건을 견디어야 했다. 그러나 가뭄연구가 발달하지 못하는 가장 근본적인 원인은 가뭄에 관한 기초개념부터 정리되어 있지 않다는 데에 있다. 가뭄이 무엇인지 명확하게 정의되지 않아서 연구자 마다 방향이 다르다. 가뭄을 계량화 하는 작업이 표준화 되지 않아 연구 방향이 백인백색으로 진행되고 있다. 그래서 가뭄의 기초개념에 대한 정리는 시급한 일이다. 본 연구는 외람되게도 감히 이 기초개념의 정리하여 가뭄연구의 새 장을 열 것을 시도한다.

3. 가뭄과 물부족의 정의

3.1. 가뭄과 물부족의 구별에 대하여

지금까지 가뭄과 물부족을 구별하지 않고 혼용했음은, 가뭄연구가 체계적으로 발전하지 못한 가장 큰 원인이 된다. 사막지방에서 물이 부족한 것은 그 지역의 평균적 자연이치, 재해가 따로 생긴 것이 아니다. 따라서 사막에는 가뭄이 없다고 해야 한다. 가뭄은 어디까지나 평소에는 없던 재해를 유발되었을 때 가뭄이라 하지, 재해가 유발되지 않는 것을 가뭄이라 할 필요는 없다. 사막은 자연 그 자체로 있을 때는 가뭄의 피해를 초래하지 않는다.

인류는, 다른 생태계와 마찬가지로, 그 지역 기후의 평균치 정도의 물만 있으면 재해를 당하지 않고 살아가는 법을 알기 때문이다. 물이 부족하여 재해를 일으키는 경우는, 그 지역의 계절적 평균치보다 부족할 때만 재해를 일으키는 것이다. 따라서 가뭄은 평균에 대한 부족분을 기준으로 평가되어야 한다.

본래 물이 모자라게 되는 원인은 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 강수량이 모자라서 이기고, 둘째는 물을 남용하여 다 써 버렸기 때문이고, 셋째, 물 수요가 갑자기 급증하기 때문이다. 이들의 성격은 각각 현격한 차이가 있다. 전자는 자연에 근원을 둔 원인이고, 후자 두 가지는 인간 활동에 의한 근원을 둔다. 더 자세하게는 Table 2와 같은 차이를 보인다. 따라서 강수량이 모자라서 물이 모자라는 것을 가뭄으로, 인간이 물을 남용하였거나 물수요의 급증으로 인해 생기는 물이 부족하게 된 것을 그냥 물부족으로 구분하고 설명을 이어 가겠다.

만약 가뭄의 원인을 분석할 때 강수량이 모자라게 된 원인만 분석한다면 이것은 자연과학적 연구이다. 이런 연구는 가뭄의 원인을 대기 순환의 이상 변동 등에서 찾으려 할 것이다. 반대로 물부족 문제까지 포함하여 함께 분석하면, 대기 순환의 이상변동이 발생한 원인과, 인간이 남용하게 된 원인, 수요가 급증한 원인 등을 함께 분석해야 하는데, 이것들을 함께 분석하는 것은 대단히 비효율적인, 사실상 불가능한 해결방법이며 자연과학의 범주를 벗어난다. 따라서 이 둘의 구분은 필수적이라 할 수 있는데, 지금까지의 가뭄의 정의나, 가뭄강도를 계량화하는 가뭄지수들은 이 문제를 간과한 경우가 아주 많았다. 실제로 1930년대의 미국의 Dust Bowl과 1970년대의 사헬지방의 가뭄은 자연에서 온 가뭄이라기보다 인간 활동에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 이를 자연상태에서 발생한 가뭄의 원인만 따로 분리하여 분석한 연구는 좀처럼 발견되지 않는다. 이 때문에 가뭄학은 발달하지 못한 것이다.

3.2. 가뭄의 정의에 대하여

물부족과 가뭄을 구분하고 보면, 현재 통용되고 있는 여러 가지 가뭄의 정의가 문제가 있음이 발견된다. Table 3은 흔히 거론되는 가뭄의 네 가지 종류를 요약한 것이다. 약간 달리 구분하는 경우도 있지만 대동소이하다. 각 나라마다 가뭄을 소개하는 사이트가 한 개 정도는 있는데, 이렇게 분류하지 않은 사이트를 찾기는 어렵다.

기상적 가뭄은 수자원이 계절적 평균치에 미달하여 피해가 생기는 것을 말하며 강수량 부족이 주원인이다. 하루의 호우로 10년 가뭄이 해결될 수 있으므로, 기후적 가뭄이라 하기 보다는 기상적 가뭄이라 하는 것이 더 바람직하다. 흔히 기온이 높아지거나 대기가 건조하여 증발량이 증가하여 물의 자연적 손실이 많은 경우도 고려되어야 한다고 하지만, 여기는 이론이 있다. 가뭄은 최소한 1개월 이상의 기간에 걸쳐 강수량이 감소하여 발생하는 것이다. 기후의 급변이 아니라면 1개월의 증발량은 그 지역 평균치에서 큰 차이가 없다. 해마다 같은 계절의 평균기온은 별 차이가 없는 것을 고려하면 쉽게 이해되는 일이다. 따라서 매일의 증발량을 계산하여 정밀하게 계산하여도 가뭄의 강도에는 큰 영향을 주지 못한다. 반대로 강수량은 계절적 연도별 변화가 심하여 가끔 피해를 볼 만큼 감소하는 경우가 생기곤 한다. 따라서 지구 기후가 돌변하여 그 효과가 직접 나타나기 전까지는, 증발량은 고려하지 않아도 무방하다고 본다.

수문적 가뭄은 수자원 전체가 계절적 평균치에 비하여 모자라서 피해가 생기는 경우를 말하는데, 이때 댐이나 저수지에 저장된 수자원 뿐 아니라 가용 지하수량까지 합쳐 수요와 공급문제를 따진다. 이 경우, 하천이나 저수지의 수위가 낮아지는 것, 지하수가 고갈되는 것 등이, 인간이 물을 남용한 때문인지, 수요가 갑자기 폭발했기 때문인지, 강수량이 부족한 때문인지를 구별하지 않는다. 따라서 물부족과 가뭄을 혼동한 상태라 보지 않을 수 없으며, 이런 정의로는 과학적 연구체계를 세우기가 어렵게 된다. 가뭄이 발생한 원인을 연구할 때 자연 상태의 대기순환을 연구하는 것이 아니라, 인간이 물을 남용한 과정, 수요가 증가한 이유 등을 조사해야 하기 때문이다.

농업적 가뭄은 작물 생육에 필요한 수분(주로 토양)이 부족하여 농작물에 피해가 생긴 경우를 말하는데, 생육에 필요한 수분이란, 작물에 따라 다르고, 토질에 따라 다르다. 예를 들면 메밀은 강수가 부족해도 잘 견디는 작물이다. 반면에 벼는 아예 물속에서 키워야 한다. 그런데 평소

메밀을 심던 밭에 벼를 심으면 당연히 피해가 생긴다. 이는 인간이 일으킨 재해이지, 자연이 일으킨 재해가 아니므로 가뭄이라 할 수 없다. 즉 작물의 피해상황으로 가뭄이 생겼다고 할 수는 없다는 말이다. 수년간 콩을 심어 왔는데 토양습기가 모자라 다년간의 평균 작황에 미달하는 피해가 생겼다면 이는 가뭄이 발생한 것으로 볼 수 있으며, 이 경우 토양 습기가 부족해진 원인은 강수량 부족밖에 없다.

강수량 외에 농업적 가뭄이 문제되는 것은 토질이 바뀌었거나, 작물 선정을 잘못했거나 하는 등의 인간적 요소이니, 이런 인간적 요소는 자연과학적 탐구대상인 가뭄에서 제외하는 것이 좋을 것이다. 흔히 토양 습기로 가뭄을 진단하기도 하지만, 토양습기가 평균치에 미달하는 자연적 원인은 강수량뿐이다. 증발이나 기온, 습도 등이 여기서 중요하지 않음은 앞서 설명하였다. 따라서 농업적 가뭄도 강수량만으로 진단하는 것이 바람직하다. 다시 말하면 농업에서 발생한 가뭄도 기상적 가뭄으로 충당할 수 있다는 말이다. 토양습기가 모자라는 여부는 가뭄이라 하지 말고 토양습기의 변화로 따로 계산하자는 것이다.

경제사회적 가뭄이란 공업용수, 농업용수, 생활용수의 부족으로 피해가 생기는 것을 말하는데 공업의 발달로, 농업 방식의 변화로, 또는 생활양식의 변화로 물을 남용하여 부족하게 된 것을 가뭄으로 분류하는 착오를 범하게 된다. 이 경우 가뭄연구는 농업, 공업의 발달 원인이나 생활 습관의 변화 원인을 찾아야 하는데, 이런 문제를 함께 해결하려 하면 가뭄의 원인은 밝혀지기가 더욱 어려워질 것이다. 따라서 가뭄은 기상적 견제에서만 고려하는 것이 바람직하며, 지금까지 사용해온 수문적 가뭄, 농업적 가뭄, 경제사회적 가뭄은 물부족으로 구분하여 달리 취급하는 것이 바람직하다. Olapido (1985)도 가뭄지수 계산에서 강수량만 사용하는 것이 바람직하다고 하였으나, 그 의도는 지금까지 실현되지 못하였다.

이렇게, 물부족과 가뭄으로부터 분리하고 보면, 가뭄연구는 발전의 급물살을 타게 될 것으로 보인다. 우선 다양

한 가뭄지수 중에 적합한 것을 골라내는 기준으로 활용된다. 각 분야에 분산된 가뭄 연구 인력이 집중할 수 있는 계기가 마련될 것이다.

4. 가뭄지수의 비교

4.1. 가뭄 기간에 대하여

가뭄은 수개월에 걸친 강수량부족으로 생기는 경우도 있고 수년에 걸친 장기간의 강수량 부족으로 생기는 경우도 있다. 이러한 강수량 부족 기간이 얼마나 지속되었는지를 감안하지 않고 가뭄을 판단하는 지수가 많다. 현재 지구상에서 많이 사용되고 있는 SPI (Standardized Precipitation Index, Mckee et al. 1965)는 이러한 고려를 하지 않아 한번 가뭄을 진단하려면 무수한 가뭄지수를 만들어야 하고 그중 어떤 것이 가뭄상태를 잘 표현하는지를 판단하기 위해서는 일일이 주관적으로 조사해야 하는 단점이 있다. 미국의 National Drought Mitigation Center(NDMC)는 1, 3, 6, 12, 24개월간의 강수량의 평균치의 아노말리를 구하고 이를 표준화하여 만들어 사용하는데, 왜 이 다섯 가지 기간만 계산하는 지에 대해서는 설명하지 못한다. 만약 8개월 동안의 강수량 부족으로 가뭄이 발생하였다면 이 지수들로는 가뭄상황이 정확히 판단되지 못한다. 24개월 동안 발생한 가뭄을 진단하려면 24 x 30 개의 가뭄지수를 모두 계산하고 그중 어느 것이 가장 적합한지를 다시 판단해야 하는데, 그를 판단할 방법을 제시하지 못한다. 그래서 NDMC는 최종적 가뭄상황 판단을 위해, 이 다섯 개의 가뭄지수와 CPC에서 계산해 내는 PDSI와 기타 위성자료 등을 이용하여, 전문가가 주관적 평가를 내린다. 그래서 8개월간 발생한 강수량 부족으로 생긴 가뭄 (예를 들면)은 결국 주관적 판단과정에서도 참조되지 못하고 만다. 또한, 한 개가 아닌 수십 개 내지 수백 개 관측소의 가뭄상황을 일일이 주관적 판단으로 평가한다면, 그 신뢰성은 의심받지 않을 수 없다.

중국 기상청은 5주의 SPI를 표준치로 제공하고 있는데, 5주 동안 발생한 것이 아닌 가뭄, 즉 수개월이나 수년에 걸친 가뭄이 발생하면 무용지물인 것이다. SPI 외에도 현존하는 많은 가뭄지수들은 가뭄기간을 먼저 결정해야 한다는 데 생각이 미치지 못하였다. 그래서 지난 6개월간 평균 강수량, 최근 3개월간 평균 하천 유량 등등 임의의 기간을 주관적으로 결정하여 사용한다. 이 경우 중위도의 강수량이 1년을 주기로 변하는 특징이 있음을 암시적으로 사용하기 때문에 대개의 경우, 1년짜리 가뭄을 포착하는 정도에 그친다. 따라서 정작 가장 큰 피해가 우려되는 1년 이상 지속되는 가뭄이 발생했을 때에는 적합하지 않은 자료가 되고 만다. 한국의 경우 물 살림은 일 년의 강수분포를 기준으로 운영되며, 2년 이상 가뭄이 발생하는 경우는 큰 타격을 입게 된다. 실제로 2년 이상 연속되는 가뭄은 빈번히 발생하며 그 때문에 피해도 자주 생긴다. 지구상 다른 나라도 거의 대동소이하다.

그런데 현존하는 가뭄지수 중에 가뭄기간을 먼저 결정하고 그 기간에 대한 가뭄강도를 결정하는 지수로는 EDI 외에는 발견되지 않는다. 2년 이상 지속되는 가뭄을 충분히 고려해 주는 지수로도 EDI 외에는 발견되지 않는다. 가뭄 기간을 결정하는 구체적 방법은 Byun and Wilhite, (1999)를 참조하여 주기 바란다.

4.2. 유효 강수량에 대하여.

가뭄은 현존하는 수자원이 평균보다 모자랄 때 생기는 현상이다. 수개월 전에 아무리 많은 비가 내렸어도 이 비는 이미 상당부분은 흘러갔거나 증발하여 없어졌다. 그러나 어제 내린 비는 많은 부분이 아직 유효한 상태로 남아 있다. 이런 시간 경과에 따라 소모되는 수자원을 고려하여 현존하는 수자원 량을 계산하여 가뭄을 평가하여야 정확한 진단이 될 수 있다. 예를 들면 SPI-12는 12개월 전에 내린 강수량과 어제 내린 강수량을 단순 합산하여 이 값이 평균보다 얼마나 모자라는지를 계산한다. 12개월 전에 호우가 내린 경우, 남은 11개월 동안 비가 전혀 오지 않아 큰

가뭄이 발생해도 이를 포착하지 못한다. 현존하는 많은 가뭄지수들이 이 점에서 자유롭지 못하다. 물리량과 시간개념을 합산한 변수를 intensive measure라 하는데, 적어도 가뭄지수는 강수량을 intensive measure로 계산해야 한다. EDI만 이 점을, 미흡하나마 해결한다. 가뭄지수는 현재의 유효강수량을 계산하고, 그 다음 이 값의 계절적 평균치를 날짜별로 계산한 다음, 둘의 차이인 아노말리를 표준화한 것인데, EDI가 이 개념에 충실하다.

그런데 아노말리는 평균에 대해 얼마나 차이가 나는지를 말하는 것으로, 그 표준편차는 여름에는 크고 갈수기에는 아주 작다. 그래서 실제 피해는 가뭄지수의 절대치에 비례하지 않는다. 여기서 ‘유효강수량 부족’이란 용어가 정의되어야 한다. 앞서 수문적 가뭄을 설명할 때 물부족은, 강수량 부족이 원인이 아닌 경우의 물부족만을 지칭했다. 여기서 유효강수량 부족이란 물부족을 지칭하긴 하나, 강수량 부족이 원인이 되는 물부족을 말한다. 가뭄지수가 유효강수량 부족을 표준화 지수로 표시한데 비해, 유효강수량 지수는 수자원의 절대치가 얼마나 되는지를 나타내는 값이다. 대한민국의 경우, 봄에는 이 유효강수량 지수가 작고 장마철에는 크다. 물론 표준편차도 봄에는 작고 장마철에는 크다. 갈수기에는 가뭄지수보다 유효강수량 지수가 가뭄정도를 더 잘 나타낸다. 수년간 관찰해 본 결과, 대한민국의 경우 유효강수량 지수가 150이하이면 약한 가뭄으로, 100이하이면 심한 가뭄으로, 50이하가 되면 극심한 가뭄으로 분류된다. 장마기나 여름철에는 150이하가 발생하는 경우는 거의 없으니, 이 유효 강수량 지수는 갈수기의 물부족 상태를 표시하는 지수로 보조적으로 사용할 수 있다. 이 유효강수량지수는 가뭄지수를 계산할 때 함께 계산 되는 것으로, 강수 계절의 구분(Byun and Lee, 2002)이나, 고사리 장마의 정의 (Han and Byun, 2006)에서도 사용되었고, 홍수의 위험을 정량화할 때도 사용되는 등 (Byun and Jung, 1998), 다양한 용도가 있다.

4.3 가뭄분석 단위

10년 가뭄도 하루의 호우로 해결될 수 있다. 가뭄지수는 이 상황을 반영할 수 있어야 하기 때문에 일별단위로 계산하는 것이 타당하다. 월별로 진단하면, 심한 가뭄이 포착되지 못하는 경우가 생긴다. 예로, 6월 1일 큰 비가 온 후, 2일부터 7월 30일까지 비가 오지 않으면 심한 가뭄에 시달릴 수 있다 그러나 7월 31일에 또 비가 많이 오면, 가뭄상황은 가뭄지수에 전혀 반영되지 못하고 오히려 비가 많이 온 시기로 분류되고 만다. 또 다른 예로, 7월 1일 비가 와서 해결되었는데도 불구하고, 7월 말이 되어야 해결된 상황으로 진단되니, 30일 동안이나 가뭄진단 결과는 무용지물이 된다. 따라서 가뭄은 일별 지수로 다루어야 하는데 현재 사용 중인 거의 모든 가뭄지수들은 처음에 월별 지수로 만들었다가, 다시 일별 지수로 변환한 것이다. 일별 지수로 변환하는 과정이 정식으로 검증과정을 거친 증거가 발견되지 않으니 더욱 안타까운 일이다. 이런 지수들로 점검한 가뭄강도로 가뭄의 역사를 분석하고, 원인을 연구하였으니, 그 연구가 발전하기 어려웠을 것이다.

4.4. 가뭄지수 비교

앞서 Table 1은 현존하는 가뭄지수들을 나열해 본 것이다. Byun and Wilhite (1999)는 이중 12개에 대하여, Niemeyer (2008)는 이중 절반 정도에 대하여 그 내용을 소개하였지만 이들을 다 이해하기는 쉬운 일이 아니어서 각자의 연구 목적에 맞는 지수를 선택하기란 용이하지 않다. 앞서 지적한 대로 강수량 외의 요소들 (하천 유량, 지하수위, 댐 수위, 토양습기) 을 사용한 지수들은 가뭄과 물 부족을 구분하지 않은 지수이다. 그래서 근본적으로 문제가 있는 것이니 달리 취급하는 것이 좋다. 이 기준으로 현존하는 가뭄지수의 많은 부분이 선택범위를 벗어남을 알 수 있다.

계산과정에서도 구별할 수 있다. SPI는 계산 과정은 단순하지만, 가뭄기간을 고려하는 문제에서 큰 결함이 있으니, 특별히 기간이 결정된 경우가 아니면 사용하지 않는

것이 좋다. PDSI는 단 한 개의 지수이긴 하지만, 계산 과정의 수식이 복잡하기만 하고, 의미도 명쾌하지 않다. 기타 주요 가뭄지수의 계산 방법과 특징은 다음 사이트

<http://www.iwmi.cgiar.org/drw/info/default.asp?PGID=2>

를 참조하면 빠르게 이해할 수 있다. 이 사이트의 일부 이론은 본 연구의 견해와 차이가 있음을 미리 밝힌다.

그 외에도 이 지수들이 가지는 공통적인 단점들이 있다. 더구나 PDSI나, SPI는 처음 개발한 때도 학술지 논문으로 검정되어 개발된 것이 아니고, 워킹샷에서 preprinting 으로 소개된 내용이 실용화 된 것들이다. 다른 가뭄지수들도 계산 방법 자체를 정식 논문으로 검정 받은 경우는 좀처럼 발견되지 않는다. 또 가뭄기간을 먼저 결정하고 가뭄을 계산하는 지수도 발견되지 않는다. 강수량의 intensive measure로 취급하여 가뭄을 계산한 지수도 발견되지 않는다.

단지 EDI만이 이 문제들을 해결했다. 처음부터 일별 지수로 계산하였으며, 강수량을 intensive measure 로 취급하였으며, 가뭄기간을 먼저 결정하고 가뭄강도를 계산하였기 때문에 가뭄의 시작과 종료가 명확하며 장기가뭄이든 단기 가뭄이든 누락함이 없이 모두 포착한다. 이 EDI의 개발로 인해 가뭄 연구는 한 번의 전환기를 맞았다. (Akhtari et al., 2008; Morid et al., 2007; Pandey et al., 2007, Ajayi and Olufayo, 2007; Smakhtin and Hughes, 2007; Marinaki et al., 2007; Morid et al., 2006; Kim and Byun, 2006; Usman et al., 2006; Boken, et al., 2005; Kang and Byun, 2004; Yamaguchi and Shinoda, 2002). 특히 Morid et al. (2006)과 Pandey et al. (2007)은 각각의 관심 영역인 이란과 인도지역의 가뭄을 모니터링 하는 데 있어 EDI가 SPI를 포함하는 여러 가뭄 지수들보다 더 나은 성능을 가짐을 제시하였다.

5. 가뭄 실시간 진단 사이트 비교

Boken et al. (2005) 각국에서 사용하는 가뭄진단법을 소개하고 있는데, 실황 사이트가 아닌 정책을 설명하는 사이트이나 주로 무슨 지수를 이용하는지를 보여준다. 가뭄에 대한 연구결과 등을 소개하는 사이트는 셀 수 없이 많지만, 실시간으로 가뭄상황을 중계해 주는 사이트는 많지 않다. 실시간 중계를 하다가 그만둔 사이트도 많다. 계속적인 연구지원을 받지 못했거나, 실시간 사이트로서의 가치를 보장받지 못했기 때문일 것이다.

실시간 사이트의 가치를 판단하는 방법은 두 가지가 있다. 첫째는 과거자료도 표출해 주는가 아니면 무시하는가 하는 점이다. 과거 자료는 보여주지 않고 당일 자료만 보여 준다면, 과거에 가뭄상황이 왔을 때 제대로 반영했는지를 점검할 수가 없다. 그래서 검증되지 않은 방법으로 운용되는 경우는 과거자료를 표출하지 않는다고 보아야 할 것이다. 과거 자료의 표출 방법도 여러 가지가 있다. 특정 날짜, 또는 특정 기간의 현황도 표출되어야 바른 사이트이다. 두 번째 요소는 표출되는 가뭄지수가 무엇이나 하는 점이다. 앞서 설명한 것처럼, SPI나 PDSI는 실용가치가 적다. 다른 지수들도 가뭄과 물부족을 구별하지 않았으면 신뢰성이 떨어진다고 보아야 한다. 또 지수의 계산과정이 공개되어 있지 않으면 신뢰하지 않는 것이 좋다. 과거 자료를 표출하지 않는 경우도 믿을 수 없다. 과거 자료 중에도 시계열이 중요하다. 특정 지역, 특정 기간의 가뭄강도의 시계열을 보여주지 않는 경우는 신뢰성을 의심할 수밖에 없다. 시계열은 또한, 초 장기의 시계열 뿐 아니라, 단기의 시계열도 확인할 수 있어야 한다. 현재 국내외 많은 사이트들이 과거 자료는 제공하지 않는다. 시계열을 제공하는 경우는 좀처럼 발견되지 않는다. 미처 착안하지 못한 결과일 수도 있지만, 신뢰성에 문제가 있기 때문에 생길 경우도 있을 것이다.

미국은 NDMC, CPC와 프린스턴 대학에서 가뭄 상황에 대한 실시간 중계를 하고 있다. NDMC는 가뭄지수로

는 여러 가지 문제가 많은 SPI를 중시하고 있다. 1, 3, 6, 12, 24 개월로 나누어 계산한 다음, 다른 자료들과 종합하여 D0~D4 까지 다섯 단계로 가뭄상황을 판정한다. 마지막 종합하는 단계가 객관적이지 않고 주관적이며 투명하지 않다는 중요한 문제점을 가진다.

프린스턴 대학은 실시간 자료를 제공하지만 토양습기에 치중하는 경향이 있어 엄격히 말하면 가뭄지수를 중계한다고 보기 어렵다. 중국은 5주 동안의 강수량으로 계산한 SPI를 가뭄상황이라며 실시간 중계한다. 토양습기가 5주 동안의 강수량과 연관할 것으로 보기 때문일 것이다. 미국의 CPC는 PDSI를 중계하는데 미국외의 지역에서는 맞지 않는다는 지적을 받은 지 오래다. 미국 내에서도 그 신뢰성은 검증되지 않았다. PDSI 외에 가뭄과 관련된 요소들 즉 강수량, 증발량 등을 비실시간으로 공개한다.

중동에서 가뭄에 관한 사이트로 IWMI (International Water Management Institute, <http://dms.iwmi.org/>)에 유용한 정보가 잘 정리되어 있다. 이 사이트에서 SPI, EDI, Decile 등의 soft ware를 공급받을 수 있다. EDI는 월 단위 지수로 본래 EDI와는 다소 차이가 있고 검증되지 않았다. 비실시간 데이터를 제공한다.

국내에도 가뭄상황을 실시간 중계하는 곳은 몇 군데 있다. 발전을 기약하기 위해 장단점을 간단히 소개한다. KDRIW (Korea drought Research Information Web Center, <http://www.nimr.go.kr/drought/index.jsp>)는 국내의 기상청, K-water, 농업가뭄정보시스템, 부경대학교에서 실시간 제공되는 가뭄 상황을 가뭄상황을 모아 제공하는 사이트로 앞으로 이런 사이트는 증가하여야 한다. 즉석에서 여러 기관에서 내어 놓은 결과를 비교할 수 있다는 장점이 있다. 그 중 K-water의 통합가뭄지수는 가뭄 강도의 일별 변화를 표현한다. 2009년 5월 16, 17, 21일의 강수로 해갈되는 과정에 점검한 결과 해갈되는 과정을 잘 표현하여 상당히 주목되는 가뭄지수이다. 그러나 제공하는 자료 기간이 짧고 (2001년 1월 1일부터 현재까지), 시계열을 보여주지 못하며, 계산 근거를 제공하

지 않아 자세하게 분석할 수는 없으나, 가뭄과 물부족을 구분하지 않은 지수로 보인다. 더구나 용도가 없는 수많은 가뭄지수들을 의미 없이 나열하여 전문가도 혼돈되게 한다.

농업가뭄정보 시스템에서는 제공하는 가뭄정보는 상순, 중순, 하순으로 월 3번 제공하므로 일별 변화를 표출하지 못한다. 총 6단계 중 가뭄단계를 준비, 우려, 확산, 평시 등 4단계로 나누어 정밀하지 못하며 단순한 참고자료가 될 뿐이다. 2001년 1월 1일부터 제공하지만 시계열은 보여주지 않는다. 가뭄단계를 계산할 때, 가뭄기간을 고려하지 못하는 SPI를 사용했으며, 수많은 SPI 중 기간을 얼마로 하는 SPI를 사용하였는지 밝히지 않았다. MRI, DDI, RSI를 사용했다는 점에서 물부족과 가뭄을 구별하지 않은 것으로 보인다. 이 사이트에서 제공하는 2009년 5월 상순, 중순, 하순의 자료는, 5월 중순에 잠시 해결된 과정을 보여주지 못하였다.

기상청의 가뭄 판단지수는 농작물에 손실이 있을 것인가에 초점을 두고 매우가뭄, 가뭄, 정상, 습함의 4단계를 제공한다. 이 지수가 -2.0이하이면 매우가뭄이라 하는데, 어떻게 계산했는지 제시되지 않으며 또 계산 결과도 수치로 제시되지 않고, -2.0보다 미만이라는 색깔로만 표시된다. 시계열은 표시되지 않으며, 하루만 지나면 과거 자료를 열람할 수 없다. 보조 자료들도 시계열도 과거자료들도 보여주지 않는 체로 제공되며, 특히 SPI는 기간을 얼마로 했다는 설명이 없다. 2009년 5월 중·하순에 발생한 해결 과정에 대하여 이 자료들은 사용가능한 자료를 설명하지 못하였다.

부경대학교 방재기상 연구실에서 제공되는 EDI시스템은 이상에서 문제시된 거의 모든 것을 해결하였다. 강수량만을, intensive measure로 변환하여, 일별 가뭄 진단시스템을 만들었으며, 강수량자료가 있는 기간은 모두 분석에 포함되었다. 서울의 경우 2일 ~230년의 시계열을 항상 선택하여 볼 수 있다. 계산 과정은 중요학회지에 정식으로 등재되었고, 또 공개되고 있으며, 장기가뭄도 단기

가뭄도 모두 잘 포착하는 것으로 확인되었다.

EDI를 이용하여 5월 하순 가뭄이 해결되는 과정이 표출되는 모양을 간략하게 소개하면 그림 1과 같다. 가뭄의 강도를 진단하기 위해서, 강수량을 intensive measure로 사용하였으며, 먼저 가뭄기간을 결정한 다음 가뭄강도를 계산하여 장기가뭄 및 단기가뭄을 모두 표현할 수 있음을 증명했다. 또 일별 지수로 계산되어 가뭄의 시작과 해결과정을 명쾌하게 정의할 수 있으며, 장기가뭄, 단기가뭄 구분 없이 모두 단 한 개의 가뭄지수로 표현하되, 유효 강수량 지수라는 보조 자료로, 수지원량의 절대적 량도 가능할 수 있다.

6. 요약 및 토의

인위적인 물의 남용이나 물수요의 증폭으로 생기는 물부족은 재해가 발생하더라도 가뭄재해로 분류하지 말고, 순수하게 자연적인 강수량 부족으로 인해 초래되는 재해만을 가뭄으로 분류하면 가뭄의 연구가 빨리 그리고 효율적으로 진척된다. 이 구분은 가뭄을 정의하거나, 가뭄의 강도를 통계하거나, 원인을 분석하거나 가뭄 지수를 개발할 때, 그리고 기 개발된 가뭄지수 중 가장 적합한 것을 구를 때 유용하게 작용한다. 이런 원칙에 입각하면, 가뭄은 수문적 가뭄, 농업적 가뭄, 경제사회적 가뭄 등으로 구분할 필요가 없으며, 기상적 가뭄 하나로 통일할 수 있고 각 분야별로 산발적인 가뭄연구 방향을 한 곳으로 집중하여 추진할 수 있게 된다.

현재 국제 사회에서 사용되고 있는 가뭄지수들을 열거하고 그 중 좋은 것을 고르는 법을 소개하였으며, EDI가 그중 최선임 이유를 설명하였다. EDI를 이용한 Monitoring system의 편리함을 일부 소개하였다. 그러나 EDI도 자체 내로 여러 가지 문제점이 있고, 더 발달시켜야 할 문제점이 있는바, 이에 대한 논의는 다음 기회로 미룬다.

사의

본 연구는 기상청 기상기술 개발 사업(CATER 2006-2306)의 지원으로 수행하였음.

참고문헌

1. Ajayi, A.E., Olufayo, A.A., 2007. Quantification of drought occurrence, severity and duration in some cities in Nigeria. *Geophysical Research Abstracts* 9, 10696. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU2007-A-10696.
2. Akhtari, R., Morid, S., Mahdian, M.H., Smakhtin, V., 2008. Assessment of areal interpolation methods for spatial analysis of SPI and EDI drought indices. *International Journal of Climatology*, DOI: 10.1002/joc.1691.
3. Bhalme, H.N., Mooley, D.A., 1980. Large-scale drought/floods and monsoon circulation. *Monthly Weather Review* 108, 1197-1211.
4. Boken, V.K., Cracknell, A.P., Heathcote, R.H., 2005. *Monitoring and predicting agricultural drought: A global study*. Oxford University Press, New York.
5. Byun, H.R., Jung, J.S., 1998. Quantified Diagnosis of flood possibility by using effective precipitation index. *J. of Korean water resources association*, 31-6, 657-665.
6. Byun, H.R., Lee, D.K., 2002. Defining three rainy seasons and the hydrological summer monsoon in Korea using available water resources index. *Journal of the Meteorological Society of Japan* 80, 33-44.
7. Byun, H.R., Wilhite, D.A., 1999. Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate* 12, 2747-2756.
8. Byun, H.R., Lee, S.J., Morid, S., Choi, K.S., Kim, D.W., Lee, S.M., 2008. Study on the periodicities of drought in Korea. *Asia Pacific J. of Atmospheric Sciences*, 44-4, 417-441.
9. Han, S.U., Byun, H.R., 2006. The existence and the climatological characteristics of the spring rainy period in Korea. *International Journal of Climatology* 26, 637-654.
10. Kang, K.A., Byun, H.R., 2004. On the developing processes of the climatological drought over the East Asia in 1982. *Journal of Korean Meteorological Society* 40, 467-483.
11. McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, January 17-22, 1993, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, pp. 179-184.
12. Morid, S., Smakhtin, V., Bagherzadeh, K., 2007. Drought forecasting using artificial neural networks and time series of drought indices. *International Journal of Climatology* 27, 2103-2111.
13. Morid, S., Smakhtin, V., Moghaddasi, M., 2006. Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology* 26, 971-985.
14. Niemeyer, S. 2008. New drought indexes. *Proceedings on the 1st international conference on drought management: Scientific and Technological Innovations*, Zaragoza, June 12-14.
15. Olapido, E.O., 1985. A comparative performance analysis of three meteorological drought indexes. *Journal of Climatology* 5, 655-664.
16. Palmer, W.C., 1965. *Meteorological drought*. Research Paper 45. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, Weather Bureau, 1-58.
17. Pandey, R.P., Dash, B.B., Mishra, S.K., Singh, R., 2007. Study of indices for drought characterization in KBK districts in Orissa (India). *Hydrological Processes* 22, 1895-1907.
18. Papaioannou, G., Mitropoulou, A., Kalamaras, N., Michalopoulou, H., 2005. Short and long period drought indices over Greece. *Proceedings of the 9th International Conference on Environmental Science and Technology Rhodes island, Greece*, 677-683.
19. Smakhtin, V.U., Hughes, D.A., 2007. Automated estimation and analyses of meteorological drought characteristics from monthly rainfall data. *Environmental modeling and software* 22, 880-890.
20. Usman, M., Archer, E., Johnston, P., Tadross, M., 2006. A conceptual framework for enhancing the utility of rainfall hazard forecasts for agriculture in

marginal environments. Natural Hazards 34, 111-129.
 21. Yamaguchi, Y., Shinoda, M., 2002. Soil moisture modeling based on multiyear observations in the Sahel. Journal of Applied Meteorology 41, 1140-1146.

(표-1) 현재 국제사회에서 사용되고 있는 가뭄지수. *: 사용빈도가 많은 지수, **: 위성자료를 이용하여 만든 지수

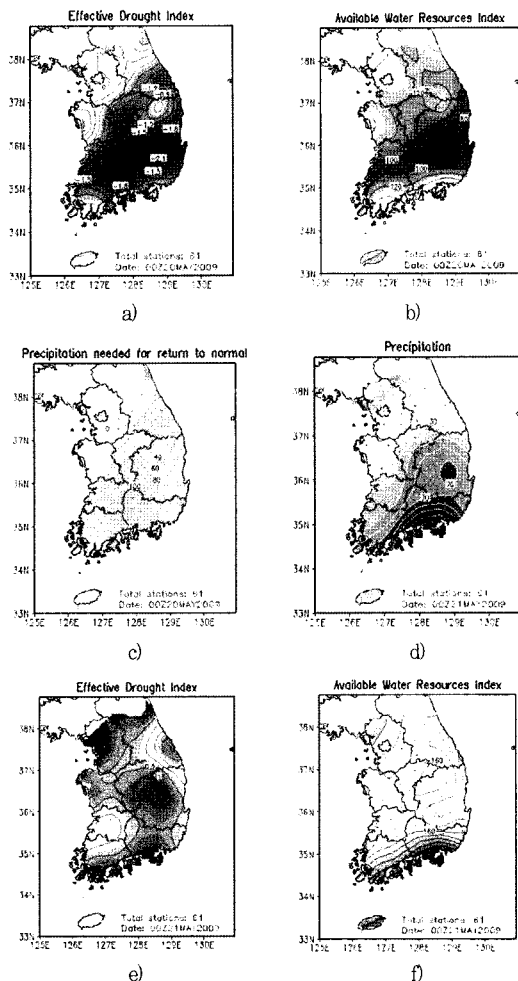
AHP*	Agro-Hydro Potential	ADI	Aggregate Drought Index
BFI	Base Flow Index	BMDI*	Bhalme and Mooly Drought Index
CDI	Corn Drought Index	CMI*	Crop Moisture Index
CSDI	Crop Specific Drought Index	DECILES*	deciles
DFI	Drought Frequency Index	DSI	Drought Severity Index
DTx	agricultural drought index	EDI*	Effective Drought Index
EVI**	Enhanced Vegetation Index	ETDI	Evapotranspiration Deficit index
GVWI	Global Vegetation Water moisture Index	KBDI	Keetch-Byram Drought Index
LWCI	Leaf Water Content Index	MPDI	Modified Perpendicular Drought Index
NDII	Normalized Difference Infrared Index	NDVI**	Normalized Difference Vegetation Index
NDVIA	Anomaly of Normalized Difference Vegetation Index	NDWI	Normalized Difference Water Index
NMDI	Normalized Multi-Band Drought Index	NBR	Normalized Burn Ratio
PAI	Pallai Aridity Index	PDI	Perpendicular Drought Index
PDSI*	Palmer Drought Severity Index	PHDI	Palmer Hydrological Drought Index
PMDI	Palmer Modified Drought Index	Q90	low flow index
RAI	Rainfall Anomaly Index	RDI	Reconnaissance Drought Index
RDI	Reclamation Drought Index	RDRi	Remote Sensing Drought Risk Index
RSDI	Regional Streamflow Deficiency Index	SAI	Standardized Anomaly Index
SCI	Soybean Drought Index	SDI	Sperling Drought Index
SMDI	Soil Moisture Deficit Index	SPi*	Standardized Precipitation index
SVI	Standardized Vegetation Index	SMDI	Soil Moisture Drought Index
SRWI	Simple Ratio Water Index	SWSI*	Surface Water Supply Index
TCI**	Temperature Condition Index	VCADI	Vegetation Condition Albedo Drought Index
VCI**	Vegetation Condition Index	VegDRI	Vegetation Drought Response Index
VHI	Vegetation Health Index	WI	Water Index
Z-Index	Palmer Z-Index	%N*	Percentage of normal

(표-2) 가뭄과 물 부족의 구분

	가뭄	물부족
정의	계절별 평균치에 대한 부족	수요에 대한 공급의 부족
원인	강수량 부족, 증발량 증가	물 수요증대, 물의 과용
책임	자연	인간
예측 가능성	어려움	상대적으로 쉬움
방지	대비로 가능	미리 방지할 수 있음
지하수	고려 안함	고려함
사막에서	없다.	사람이 사는 경우는 항상 있다.

(표-3) 가뭄의 정의가 흔히 4가지로 분류되기도 했다.

구분	정의
기상적 가뭄	수자원이 계절적 평균치에 미달하여 피해가 생기는 것 (강수량 부족, 증발량 증가가 원인)
수문적 가뭄	저수지나 하천 또는 지하수의 물이 모자라 피해가 생기는 것
농업적 가뭄	작물생육에 필요한 토양 수분이 부족하여 피해가 생김
경제사회적 가뭄	공업용수, 농업용수, 생활용수의 부족으로 피해가 생기는 것



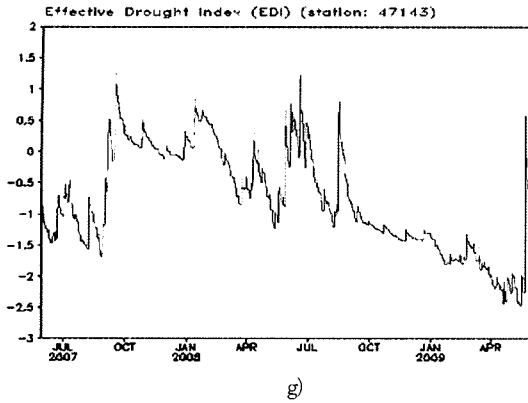


그림 1. 2009년 5월 21일 해갈과정을 EDI 군. 부경대학교 방재 기상연구실의 한국 가뭄사이트(<http://atmos.pknu.ac.kr/~intra/>)에서 확인 가능함. a) 남부지방에

심한가뭄이 진행 중이고 20일 대구지역은 EDI가 -2.0이하로 내려감. b) 20일 유효 강수량 지수가, 대구 지방이 가장 작은 상태, c) 20일 현재 평년치에 도달하기 위해 필요한 강수량 (가뭄이 지속된 기간을 모두 고려한 것). d) 21일 일 강수량의 분포. e) 21일 강수로 인해 21일 EDI분포가 달라졌다. 동해안 일부를 제외하곤 전국이 해갈. f) 유효 강수량 지수의 분포도 달라져 남해안에 물이 많음을 보여준다. g) 대구지방의 2007.05.29 ~ 2009.05.29 기간의, EDI의 시계열. 2008년 9월 이후 계속 하강하다가 2009년 5월말 급상승한 것이 확인된다. 기간을 바꾸어 가며 시계열을 만들어 낼 수 있는 것도 이 시스템의 장점이다. 다른 변수도 같다.