

2차시. 자연재해의 이해

I. 재난/재난 개념 및 엘리뇨, 라니냐 현상의 이해

1. 재난/재해의 개념정의

1) 법기반의 개념정의

우리나라의 ‘재난 및 안전관리기본법’ 1장 3조 1호에서는 ‘재난이라 함은 국민의 생명, 신체 및 재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것으로서 다음 각 목의 것을 말한다. 1) 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 대설, 낙뢰, 가뭄, 지진, 황사, 적조 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해. 2) 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화생방사고, 환경오염사고, 그 밖에 이와 유사한 사고로 대통령이 정하는 규모 이상의 피해. 3) 에너지, 통신, 교통, 금융, 의료, 수도 등 국가기반 체계의 마비와 감염병, 가축전염병 확산’으로 정의하고 있다. 위에서 1)은 자연재난, 2)는 인적재난, 그리고 3)은 국가기반재난으로 구분할 수 있다.

재해의 정의를 법적으로 보면 ‘자연재해 대책법’ 1장 2조 1호에서 ‘재해라 함은 재난 및 안전관리기본법 1장 3조 1호의 규정에 의한 재난으로 인하여 발생하는 피해를 말한다. ‘라고 정의되어 있으며 2호에서 ‘자연재해라 함은 1호의 규정에 의한 재해 중 태풍, 홍수, 호우, 폭우, 해일, 폭설, 지진, 가뭄, 황사, 적조, 그밖에 이에 준하는 자연현상으로 인해 발생하는 것을 재해라고 정의하고 있다. 또한 3호에서는 ‘풍수해라 함은 태풍, 홍수, 호우, 강풍, 풍랑, 해일, 조수, 대설 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 발생하는 재해를 말한다.’ 라고 정의하고 있다.

다시 정리하면(출처: 재해극복 30년사, 소방방재청) ‘일반적으로 인간의 사회적 생활과 인명, 재산이 이상 자연현상 등과 같은 외력에 의해 피해를 받았을 경우 이를 재해라고 하며, 재해를 유발시키는 원인을 재난이라고 한다. 다시 말하면 인간의 생존과 재산의 보존이 불가능할 정도로 생활 질서를 위협받는 상태를 초래시키는 사고 또는 현상을 재난이라고 하며 이로 인한 피해를 재해라고 한다. 재난과 재해는 원인과 결과의 관계라고 볼 수 있다.

2) 재해의 구분

재해는 크게 자연재해와 인위재해로 구분가능하며, 인위재해는 인적재해와 국가기반재해로 구분가능하다. 이러한 재해 구분은 위의 법적 정의와 연계되어 분류되었다.

- 자연재해: 자연적인 힘에 의해 발생하는 재해이며 자연재해와 인위재해는 서로 연관되어 발생하기도 한다. 자연재해를 줄이기 위해서는 자연재해의 발생원인을 이해하고 이를 예측하여 피해를 줄이기 위한 시설물이나 대책을 이행할 필요가 있다. 자연재해는 주로 기상과 지구의 지질작용에 의해 발생하며 기상재해와 지질재해로 크게 구분 가능하다. 특히 최근에는 지구온난화와 이에 따른 기상이변으로 전 세계적으로 대규모의 자연재해가 수시로 발생하여 엄청난 인명 및 재산피해가 발생하고 있는 실정이다.
- 인위재해: 인위재해는 산업과 경제의 발달에 따라 수반되는 공장폐수, 핵발전소 핵폐

기물, 그 외 환경오염사고, 방사능 누출사고, 화재 및 교통사고 등을 포함한다. 불가항력적인 자연의 힘에 의해 발생하는 자연재해와 달리 인위재해는 섬세한 주의와 관리 감독 등으로 상당히 줄일 수 있다.

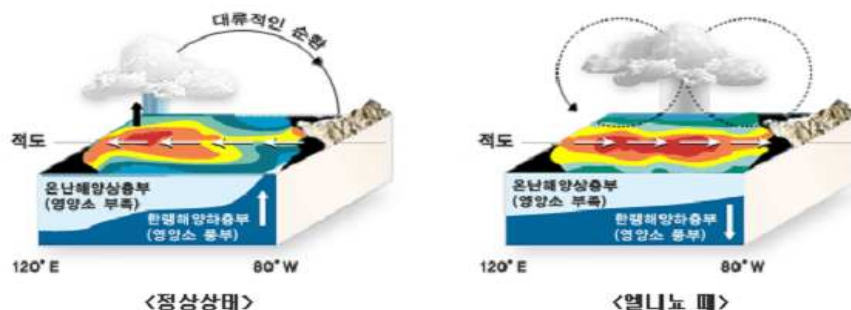
본 학습에서는 이러한 재해 중 자연재해에 초점을 맞추어 이상기후와 관련이 높은 엘니뇨와 라니냐에 대해 알아보고, 태풍, 홍수, 가뭄, 산사태 등에 대해 상세히 살펴해보도록 한다.

2. 엘리뇨와 리니냐와 자연재해

앞에서 살펴봤지만 범지구적 자연환경의 변화로 기상이변 발생 증가하고 이로 인해 해수면 상승, 엘리뇨, 라니냐 현상 등이 발생하고 있다. 기후변화의 일반적인 현상에 대해서는 앞장에서 살펴봤으나 다루지 못했던 엘니뇨와 라니냐에 대해 간략히 살펴볼 필요가 있다.

1) 엘리뇨(El Nino)

- 스페인어로 남자아니라는 의미의 엘리뇨는 1726년부터 관찰된 현상으로 원래는 매년 크리스마스 시즌에 남미 페루연안의 해수면 온도가 올라가는 계절적인 특성으로 바닷물의 온도가 올라가면 연안의 물고기가 다른 지역으로 이동하고 비가 많이 내리는 현상을 의미했다. 이 난류를 따라 평소에 볼 수 없었던 고기가 잡혀 페루 어민들이 크리스마스나 연관시켜 하늘의 은혜에 감사한다는 뜻으로 엘리뇨라 불렀다. 그러나 최근에는 그 개념이 바뀌어 시기에 상관없이 열대 태평양의 광범위한 구역에서 해수면 온도가 평년에 비해 약 0.5도씨이상 상승하여 이 상태가 5개월 이상 지속될 때 엘리뇨라 정의한다.
- 열대 태평양의 해수면온도분포는 보통 무역풍으로 인해 서태평양이 고온이고, 동태평양 남미연안에서는 남쪽으로부터 페루한류가 흘러들어서 저온이 된다. 무역풍이 해수면의 따뜻한 물을 태평양 서쪽으로 운반하기 때문에 난수층의 두께는 서쪽에서 두껍고 동쪽에서 얇아지고 해면수위는 동쪽으로 서쪽이 40cm정도 높아짐. 이 무역풍이 약해지면 서쪽의 난수층은 보통 때보다 얇아지고 동쪽의 난수층은 두꺼워짐. 이 때문에 용승효과(200~300m의 중층의 찬 해수가 여러 가지 원인으로 상승하여 해면으로 솟아오르는 현상)가 약화되고 더운 해수가 동쪽으로 이동함에 따라 중부와 동부 적도 태평양의 해수면 온도는 점차 상승.

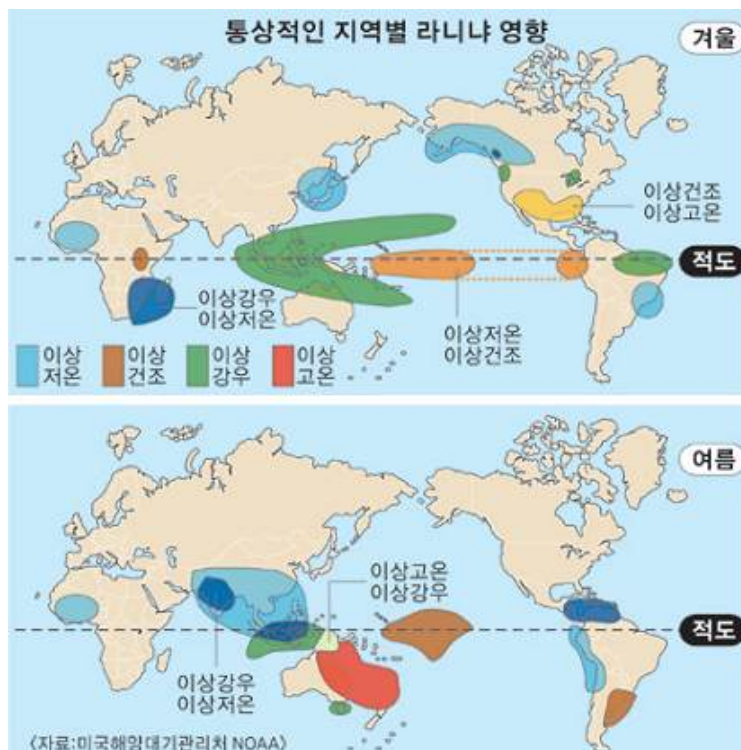


- 이 현상은 3~7년 주기로 나타난다. 엘니뇨 현상이 나타날 때 일반적으로 필리핀, 인도네시아, 호주 동북부 등지에서는 강수량이 평년보다 적으며 반면에 화남 및 일본 남부 등 아열대 지역과 적도 태평양 중부, 멕시코 북부와 미국 남부, 남미대륙 중부에서는 예년보다 많은 강수량을 보이는 경향이 있음.
- 금세기 대표적인 엘니뇨 피해는 1982년~1983년의 엘니뇨로 전세계적으로 가뭄, 화재, 홍수, 그리고 태풍으로 피해액이 어림잡아 130억달러를 넘었음. 모든 대륙이 강한 엘니뇨의 영향을 받았으며 이와 관련된 재해로 약 1~2천여 명이 사망했음. 또한 세계기상기구(WMO) 자료에 따르면 1997년 봄부터 시작하여 1998년 여름까지 지속된 금세기 최대의 엘니뇨에 의한 직접손실은 26개국에 걸쳐 총 339억 달러에 이르며 27개국에서만 2만 1706명이 숨지고 16개국에서 1억 1786만 명이 부상 또는 피해를 입었다고 발표(출처: 이재수, 자연재해의 이해)

2) 라니냐(La Nina)

- 라니냐 현상은 엘니뇨와 반대되는 현상으로 서태평양의 해수면과 수온은 평년보다 상승하게 되고, 찬 해수의 용승현상 때문에 적도 동태평양의 저수온 현상이 강화되어 엘니뇨의 반대현상이 일어난다. 해수면 온도가 평균보다 0.5도씨 이상 낮은 경우에는 여자아이란 뜻의 라니냐로 부른다.

정상상태일 때 적도 부근은 동태평양에 찬 바닷물이 서태평양에 따뜻한 해수가 위치한다. 그러나 라니냐 현상이 발생하면서 원래 찬 동태평양의 바닷물은 더욱 차가워지고 이 찬 바닷물이 서쪽으로 범위를 넓혀간다. 이로 인해 인도네시아 등 동남아시아에는 격심한 장마가, 페루 등 중남미엔 가뭄, 미국에는 추위를 우리나라에는 가을 가뭄이 심하고 겨울에는 폭한이 올 가능성이 높다고 알려져 있음



3. 자연재해 원인

(출처: 소방방재청, 재해사건예방 강화 및 투자확대 방안, 2006)

우리나라의 자연재해로 인한 피해액은 지속적으로 증가하고 있다. 이러한 전반적인 자연재해의 지속적 증가의 원인을 다음과 같이 살펴볼 수 있다.

1) 자연재해에 취약한 국내의 자연환경

우리나라는 대륙성 기후와 해양성 기후의 영향을 동시에 받아 계절별, 지역별 기상조건의 편차가 큰 편인. 특히 하절기에 무더운 북태평양 고기압과 한랭 다습한 오호츠크 해고기압 세력의 경계면이 우리나라의 동서로 자리잡게 되고 중국 양쯔강 유역에서 발생한 기압의 통로가 장마전선이 되어 장기간 비가 내리는 집중호우를 동반함. 우리나라 강우는 6월에서 9월까지 집중함. 또한 전국토의 70%가 산지로 구성되어 있으며 동고서저의 지형을 이루고 있어 대부분의 하천이 유로연장이 짧고 경사가 급함. 따라서 단시간의 집중호우 시 일시에 많은 유량이 빠른 유속으로 변해 하천범람과 붕괴의 위험성이 높고, 산지구성으로 인해 산사태 유발 가능성이 많음. 또한 서해안과 남해안 지역은 바다의 만조시기와 집중호우가 일치할 경우 역류현상이 발생할 위험이 있어 홍수에 의한 피해 잠재력이 큼

2) 기후변화로 인한 재해 발생 빈도, 강도 증가

앞장에서 살펴본 것과 같이 지구온난화에 따른 기후변화로 기상이변이 빈발하고 육상 및 해양의 생태계에 영향을 줄 뿐 아니라 해수면 상승 등의 광범위한 피해가 예상됨. 특히 해빙 가속화 및 해수면 확대에 따라 대기 중 수증기량이 증가하여 폭우, 태풍의 기상재해 발생 증가함.

3) 난개발과 환경파괴의 영향

산업화, 도시화로 인구와 산업이 집적된 고밀도 개발로 피해규모가 커짐. 많은 국토개발 사업들이 경제성만 치중한 나머지 재해예방 측면에서 재해유발 취약성을 간과하고 이에 관한 노력 미흡. 각종 개발사업은 아스팔트와 시가지 등 불투수면적을 늘려 홍수 피해 가능성을 증가시킴.

도시팽창에 기인한 저지대 개발, 하천 인근 유역의 개발, 계곡 및 급경사지의 이용이나 개발에 따른 비탈면 위험증가 및 이에 따른 옹벽, 축대 등 위험시설물 증가. 상습침수지역 및 재해취약지역에서의 무분별한 개발로 이 지역에서의 피해 집중화.

4) 구조물 설계기준 이상의 재해발생 증가로 피해 가능성이 높아짐

- 현재 국가하천은 100~200년 빈도의 홍수에 견딜 수 있도록 설계되어 있고 지방하천은 50년~100년 빈도의 홍수에 견딜 수 있도록 설계되어 있으나 최근 빈발하고 있는 집중호우는 이 기준을 넘는 곳이 많음
- 70년~80년대 건설된 댐은 하루 최대 511mm~777mm의 강수량을 견딜 수 있도록 설계되어 있음.

- 중소 저수지 실패와 수해: 3000여개의 농업용 댐과 1만5000여개의 중소저수지는 30년 이상으로 노후한 경우가 대부분. 비교적 큰 저수지 2688개 보강공사에만 1조7000억 원 소요 예상
- 기반시설과 수해: 전국도로와 하수도 등 기반시설은 대부분 5~10년 빈도의 호우에 견딜 수 있도록 설계
- 종합적으로 현재 국가 주요 구조물 및 재해 대응 기반시설들의 설계기준 이상의 자연재해 발생 빈도 증가로 피해가 급격히 확대

5) 재해 대비 및 대응 역량 미흡

재해 복구 시 근본적인 재해 취약성 개선 미흡한 상태

구조물 중심의 재해대응책으로 비구조적 대책 및 근본적인 재해원인 제거에 초점을 맞출 필요가 있음

방재시설물의 안전을 위한 투자 우선순위 특별 배려 필요

고령화로 인한 재해취약계층 증가

6) 재해에 관한 국민 의식 개선 필요

지자체는 한정된 예산 및 지가 하락 등을 이유로 취약지에 대한 정보를 공개하기를 꺼려하거나 재해위험지구 지정을 기피하는 경우도 발생. 또한 재해예방 활동을 정부의 역할로만 인식하고 있는 경우가 많아 이에 대한개선이 필요한 상태

4. 자연재해 피해의 유형

- 인명피해: 사망, 실종, 이재민
- 재산피해
 - 국가적: 국가의 주요 시설물인 댐, 제방, 교량 등의 붕괴 및 유실로 인해 발생하는 2차 피해
 - 개인: 가옥, 농경지, 선박 등의 피해
 - 공공 기관: 도로, 교량, 철도, 지하철 역사 등의 피해
 - 기업: 공장이나 공단의 침수 피해

II. 홍수의 이해

1. 홍수의 정의

홍수는 국내 뿐 아니라 전세계적으로도 가장 빈번하게 발생하는 자연재해 중 하나이고 자연재해들 가운데 가장 피해 비용이 큰 재해입니다. 홍수란 일반적으로 "큰 물 도는 강물이 넘쳐흐르는 자연현상" 또는 "과도한 강우로 인해 제방으로부터 월류하여 건조한 땅을 덮고 있는 물의 집단(이재수, 자연재해의 이해)"으로 정의할 수 있다. 비나 눈이 내리면 일부는 토양이나 식물에 흡수되고 일부는 증발되고 나머지는 유출(runoff)되어 하천으로 도달하는 것이 일반적인 물의 흐름이다. 홍수는 이 과정에서 토양과 식물이 물을 흡수할 수 없고 유출이 하천, 강, 연못 또는 저수지 등에 저류될 수 없을 때 발생하게

된다. 홍수는 또한 눈의 용해, 해일 또는 태풍과 같은 다른 재해에 의해 발생한다. 특히 해안지역은 태풍으로 인해 증가된 조수로 인해 홍수피해를 입기도 하며 해저의 화산이나 지진은 해파 즉 쓰나미를 발생하고 이로 인해 해안지역에 큰 피해를 가져오기도 한다.

최근에는 집중호우의 증가로 작은 하천 또는 강의 수위가 갑자기 높아지거나 월류가 발생해 준비하고 대처할 시간적여유가 없는 돌발홍수의 발생이 증가하고 있다.

2. 물의 순환

홍수 발생은 물의 순환과정과 밀접하게 연관이 있으므로 물의 순환에 대해 먼저 살펴볼 필요가 있다.

강수는 강우(비) 뿐만 아니라 눈, 우박, 진눈깨비까지 다양한 형태로 발생하나 일반적으로 강수는 형태는 각각 다르지만 모두 하늘의 구름으로부터 땅으로 떨어진다는 공통점이 있다. 물이 땅에 떨어지면 수평, 수직 두 방향으로 이동하게 되는 데 땅속으로 스며들게 되면 수직적인 흐름, 이것을 침투라고 표현하고, 땅을 따라 흐르는 수평적 흐름을 지표면유출이라고 한다.

침투가 일어나면 강수가 땅속으로 유입되어 지하수면까지 이동하고 지표면 유출은 땅이 더 이상 물을 흡수하지 못하거나 속도가 너무 빨라 강수가 지표면을 따라 이동하는 것을 말하며 이러한 지표면 유출은 하천이나 강, 호수 또는 바다에 이를 때까지 이동한다. 우리 스스로를 빗방울이라고 상상해보면 하늘로부터 떨어져 땅에 도달하면 일부는 땅속으로 침투되고 나머지는 지표를 따라 호수나 바다로 흘러들어가게 될 것이다. 이곳에 도달해서 머무르는 동안 태양이 떠올라 모든 것을 가열하게 되고 이 가운데 액체가 수증기로 전환되는 증발이 일어난다. 증발이 발생하면 하늘로 떠오르게 되고 다시 하늘 높은 곳에 오르면 수증기가 식어서 다시 물방울로 변하는 응축의 과정을 거치게 된다. 너무 많은 물방울이 대기 공간에 있을 수 없으므로 일부는 다시 땅으로 물방울이 되어 떨어지게 된다. 이러한 과정을 물의 순환과정이라고 부른다.

이러한 물의 순환과정을 거치며 만들어지는 강수가 과도하게 발생하여 생기는 홍수는 다음의 4가지 종류로 구분가능하다.

3. 홍수 종류

홍수는 하천홍수(river flood), 돌발홍수(flash flood), 해안홍수(coastal flood), 도시홍수(urban flood)로 구분될 수 있다.

1) 하천홍수

강으로부터 물이 월류하여 발생하는 홍수로서 사회기반시설에 대한 피해가 많이 발생. 우리나라에서는 일반적으로 장마철인 6월말부터 7월말까지 발생하는 경우가 많고 외국의 경우는 눈이 많이 내리는 지역은 눈이 녹을 무렵 집중적으로 발생한다. 또한 하천홍수는 부유물들이 하천의 흐름을 막을 때나 태풍이나 폭우로 하천홍수가 유발되기도 한다.



2) 돌발홍수

단기간의 국지적인 폭우에 의한 홍수. 돌발홍수는 보통 산악지역에서 자주 발생하는 홍수이나 좁은 계곡을 흐르는 하천이나 경사가 급한 지역에도 발생하여 피해를 주며 예측이 어렵다. 주로 인명피해가 발생하기 쉬움. 돌발홍수는 강우강도와 지속기간에 의해 결정되는데 그 외에도 지형, 토양조건, 지표면 상태도 돌발홍수에 영향을 미친다. 돌발홍수는 준비하고 대응할 수 있는 시간적 여유가 거의 없으므로 잠재적인 위험성이 크다.



1998년 지리산 돌발 홍수



2008년 경북 봉화의 돌발홍수

3) 해안홍수

해안의 바람이나 조석으로 인한 해안수위 상승에 의한 홍수. 태풍 발생시 태풍의 낮은 대기압은 국부적으로 해안의 저지대 높이보다 높은 해일을 발생시켜 주변지역에 홍수를 일으키기도 하고 해일과 함께 추가적인 강우는 주위의 저지대에서의 홍수를 증가시키고 밀려드는 바닷물이 주변 하천지역을 물로 덮어버리기도 한다. 해안저지대 침수와 해안시설 피해가 주를 이룸

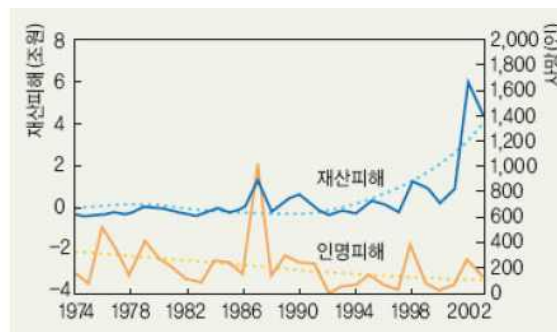


4) 도시홍수

유역의 도시화로 발생하는 홍수. 갑자기 발생하기 때문에 인명피해 발생 쉬움.

도시지역의 물순환은 도로나 건물 조성을 위한 포장과 하수도 건설 등으로 인해 자연상태의 물순환과는 차이가 많다. 특히 우리나라의 도시처럼 급격한 도시화를 경험한 지역에서는 더욱 그러하다. 도시 내 불투수면적이 증가하면 토양으로 침투되어 장시간에 걸쳐 하천으로 유출되어야 하는 지표하유출량(sub-surface runoff)과 지하수유출량(ground water runoff)이 짧은 시간에 많은 양이 하수관거를 통하여 하천으로 유출된다. 이러한 물순환의 왜곡은 급격한 하천수위 증가의 원인이 되며, 이로 인해 직접적인 하천의 범람 또는 배수시스템의 용량 부족에 따른 내수범람이 발생하여 저지대를 중심으로 침투피해가 발생하게 된다.

국토해양부(2008, 도시침수피해 방지를 위한 효율적 실행방안 연구)에 따르면 도시지역 침수면적은 1976년 이후 꾸준히 감소추세이나 수해밀도(침수면적 당 피해액) 1976년~1985년 평균 278만원/ha에서 1996년~2005년에는 평균 3,764만원/ha로 14배나 증가함 (김상욱, 2010 도시지역 침수피해 예방을 위한 제도적 개선 방안, 이슈와 논점). 도시지역에는 내수범람으로 인한 피해가 전체의 73.4%를 차지하여 직접적인 하천범람으로 인한 피해보다 많은 비중을 차지하고 있음. 도시홍수는 배수시스템의 적정 설계용량을 초과하는 과도한 강우의 발생과 같은 자연 재해적 요소와 도시 배수시스템의 용량을 고려하지 않은 지나친 불투수면적 증대와 같은 인위적인 요소가 복합되어 발생한다고 볼수 있으며 이는 불투수면적의 증가를 초래할 수 있는 도시개발사업시 홍수방재관련 대책 마련이 반드시 필요함을 의미.



홍수피해 현황

4. 홍수의 원인

홍수의 원인은 크게 기상학적 요인, 지형학적 요인, 사회경제적 요인으로 구분가능하다 (출처 한강홍수통제소).

1) 기상학적 요인

우리나라의 홍수는 여름철 북태평양 고기압에 따른 장마, 폭우를 동반하는 태풍으로 인한 집중호우에 의해 발생하는 경우가 많다. 여기서 집중호우는 시공간적 집중성이 매우 큰 비를 의미하며 급격한 상승기류에 의해 형성되는 적란운에 의해 매우 짧은 시간에 비교적 좁은 지역(보통 10~20km²)에 집중하거나 태풍과 장마전선 및 대규모 저기압과 동반해 2~3일 정도 지속되기도 한다. 우리나라의 전국 연 강수량은 1307.7mm로 기후변화의 영향으로 기후평년값에 비해 3.4% 정도 증가하였다. 계절별 강수량은 여름철이 전체 강수량의 55%인 723.2mm정도를 차지하고 있으며 가을철이 20%(259.7mm), 봄철이 18%(236.6mm), 겨울철이 약 7%를 차지하고 있다. 특히 7월에 가장 많은 비가 내리며 12월이 가장 적은 비가 내린다. 1시간이내 강우량이 최대인 경우는 대체로 저기압과 전선에 의해 발생하는 경우가 많으나 1일 이상의 강우량이 최대인 경우는 주로 태풍과 장마전선에 의해 발생하는 것이 많은 것이 우리나라 호우의 특징이다.

장마철인 6월에서 8월에 연강수량의 60% 집중.

2) 지형학적 요인

우리나라는 전 국토의 2/3이상이 산지이다. 따라서 짧은 유로연장으로 경사가 급하여 홍수 발생 잠재성이 큼. 또한 동고서저의 지형에 따라 대부분의 중소하천이 급류가 많고 후우가 하천유역에 집중되는 경향이 있다. 여기에 산지의 대부분은 피복토가 얇고 지질은 함수능력이 작아 산사태와 토사유출로 인해 홍수피해를 가중시키는 경향이 있다.

3) 사회경제적 요인

사회경제적 요인은 지속적인 산업화와 도시화의 결과로 토지이용이 고도화 됨에 따라 다양한 재해요인이 있으며 특히 재해 취약지에서의 개발과 인구집중으로 피해규모가 더욱더 커지는 양상으로 나타나고 있다.

도시팽창으로 홍수량 증가 및 홍수 도달 시간 감소

5. 홍수의 원인과 관련된 분류

일반적으로 홍수피해의 원인에 따라 외수로 인한 피해와 내수로 인한 피해로 크게 구분 가능하다. 외수피해는 주로 하천 및 지천들의 범람, 제방의 붕괴, 역류 등으로 발생한 것이며, 내수피해는 배수로, 하수도 및 펌프장의 내수배제능력 부족이 주된 원인이 된다.

6. 홍수피해의 유형

1) 하천시설물 피해

- 홍수량을 배제할 수 있는 통수 단면적의 부족, 유송잡물과 토사에 의한 통수능의 저해, 빠른 유속에 의한 침식, 하천 제방의 누수 및 월류로 발생

2) 하천 범람

- 하천의 홍수위 상승으로 홍수터에 조성된 농경지 및 주거지 침수,
- 제방을 월류하거나 하천 횡단구조물 영향으로 부분적인 홍수위 상승
- 하천시설물 붕괴로 인한 하천수 침입에 의한 침수
- 연안지역의 경위 조위 상승 및 높은 파고가 원인이 되기도 함

3) 내수침수

- 외수위 상승에 따른 내수 배제불량에 의한 저지대 침수
- 배수 펌프장 용량 부족에 따른 내수배제 불량
- 외수위 상승에 따른 역류 발생

4) 해안침수

- 홍수량 증가와 조위 상승에 따른 자연 배수 불량
- 해일에 의한 해안구조물 피해

5) 지하 공간 침수

- 외수범람 혹은 내수배제 불량에 따른 지하철 등 지하 공간 침수
- 도시저지대의 지하철 역사에 우수유입으로 인한 피해
- 해일로 인한 해수면 상승으로 인한 연안 저지대 지하 공간 침수

6) 산사태

- 집중호우로 인한 사면붕괴, 옹벽 및 축대 붕괴에 의한 피해
- 집중호우시 토석류에 의한 주택 매몰 및 유실 피해
- 산악지역 소규모 하천을 중심으로 집중 호우 시 토사퇴적에 의한 하천범람에 의한 피해

Ⅲ. 태풍의 이해

1. 태풍의 발생

1) 태풍의 정의

태풍은 최근 급증하고 있는 자연재해로 기후변화의 영향으로 그 강도가 커질 것으로 예상되고 있다.

태풍은 적도부근 해상에서 발생한 열대성 저기압 중 중심 최대풍속이 초속 17m이상 되는 열대성 폭풍을 의미한다. 이러한 열대성 저기압은 지구 여러 곳에서 발생하고, 발생장소에 따라 그 명칭도 다양하다. 북태평양 서부에서 발생하는 경우는 태풍(Typhoon)이라고 하고, 인도양, 아리비아해, 뱅골만에서 발생하면 사이클론(cyclone), 북대서양, 키리브해, 멕시코만, 북태평양동부에서 발생하면 허리케인(hurricane)이라고 하고 남태평양, 호주북동부나 북서부에서 발생하면 윌리윌리라고 한다.

2) 태풍의 특징과 분류

- 태풍은 해수면 온도가 26도씨~27도씨 정도 되는 적도해역에서만 발생하고 태풍 중

심부의 온도도 주위온도보다 평균 12도씨 정도 높다고 알려져 있다. 열대저기압의 중심부 온도가 주위보다 높음에 따라 공기의 상승운동이 일어나게 되고 상층으로 올라간 공기는 수증기가 응결되어 수적이 생기게 되는데 이 과정에서 열을 방출하게 된다. 열이 다시 중심부를 가열하게 되면 공기의 상승운동은 더욱 활발해지며 이러한 과정이 반복되면 운동에너지가 점차 커지게 되고 여기에 지구 자전에 의한 전향력과 원심력이 작용하여 거대한 회전운동이 나타나나 이동하면서 속도와 세력이 더해가는 기상현상을 태풍이라고 한다.

현재 기상청에서는 중심최대풍속이 17m/s 이상인 폭풍우를 동반하는 열대저기압을 태풍이라고 정의하고 있다. 세계기상기구는 열대저기압 중에서 중심부근의 최대풍속이 33m/s 이상인 것을 태풍(TY), 25~32m/s인 것을 열대폭풍(STS), 17~24m/s인 것을 열대폭풍(TS), 그리고 17m/s미만인 것을 열대저압부(TD)로 구분한다. 일반적으로 중심최대풍속이 17m/s 이상인 열대저기압 모두를 태풍이라고 한다.

태풍의 크기는 풍속 15m/s 이상이 미치는 영역에 따라 소형, 중형, 대형, 초대형으로 분류하고 태풍의 강도는 중심기압보다 중심최대풍속을 기준으로 약, 중, 강, 매우 강으로 분류한다. 계절별로는 7~10월 사이에 많이 발생하고 태풍의 수명은 발생부터 소멸까지 적게는 1주일에서 길게는 1개월 정도이다.

태풍의 이름은 1953년부터 붙이기 시작하였다. 1978년까지는 여성의 이름을 붙였다가 그 이후부터는 남자와 여자의 이름을 번갈아 사용했다. 북태평양의 태풍이름은 1999년까지 괌에 있는 미국 태풍합동경보센터(JTWC)에서 알파벳 순으로 정해놓은 84개의 이름을 발생순서대로 붙여 나갔으나 2000년부터는 아시아태풍위원회에서 아시아 각 나라 국민들의 태풍에 대한 관심을 높이기 위해 서양식의 태풍이름에서 아시아 14개국에서 국가별로 10개씩 제출한 140개가 각 조 28개씩 5개조로 구성되고 1조부터 5조까지 순환하면서 사용하고 있다. 우리나라에서는 개미, 나리, 장미, 수달, 노루, 제비, 너구니, 고니, 메기, 나비 등의 태풍이름을 제출했고 북산에서도 기러기 등 10개 이름을 제출하였다. 태풍은 최대풍속이 초속 17m 이상 되는 열대성 폭풍(TS) 단계부터 이름을 붙인다.

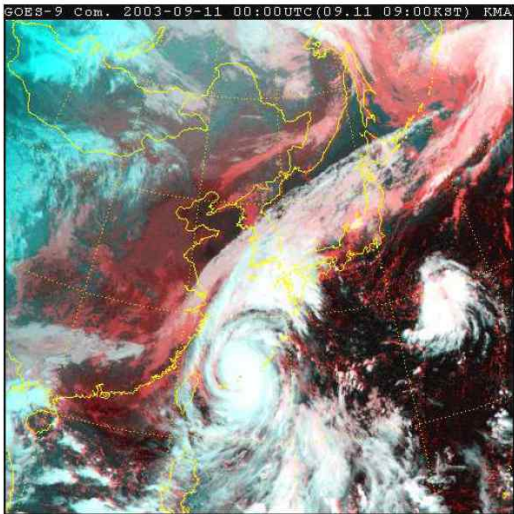
3) 태풍의 구조

태풍은 대개 나선형 모양이며 그 직경이 작은 것은 300km, 큰 것은 1500km에 이른다. 태풍의 중심에는 바람이 약하고 구름이 적은 지역이 있으며 이것은 태풍의 눈이라 한다. 태풍의 중심을 둘러싸고 있는 부분은 미구름(적란운)이 10km높이까지 구름으로 벽을 형성하고 있으며 태풍주위의 바람은 중심을 향해 시계 반대방향으로 불어들고 있고, 진행방향에 대해 중심구역의 오른쪽이 왼쪽보다 바람이 훨씬 강하다. 우측반원의 풍속이 좌측반원보다 약 15배가량 강한 것이 보통이다. 그 까닭은 태풍이 상층풍의 흐름에 딸 북상하므로 진행방향의 오른쪽은 태풍을 진행시키는 상층의 바람과 태

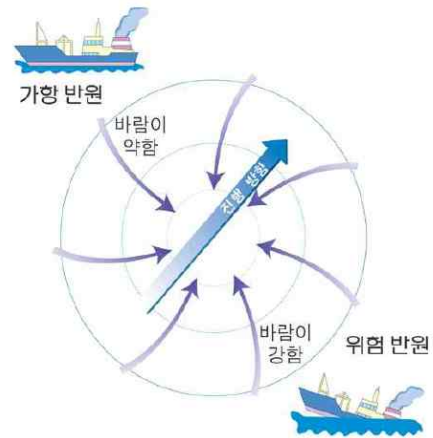
풍중심으로 불어드는 바람이 합성되어 풍속이 커지는 데 반하여 왼쪽은 태풍을 진행시키는 상층풍과 태풍중심으로 불어드는 바람이 반대방향이어서 서로 상쇄되어 풍속이 약화되기 때문이다.

바람은 태풍 중심으로 갈수록 강해지나 태풍의 눈 부근은 오히려 고요한 상태를 나타내는 것이 특징. 태풍은 강한 것일수록 등압선이 조밀하고 따라서 바람도 매우 강하다.

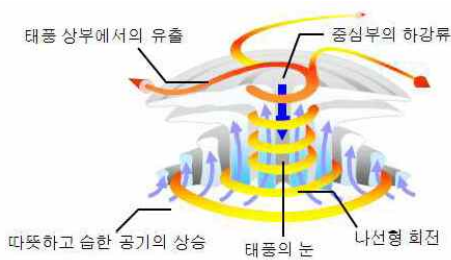
태풍은 주로 호우를 동반한다. 태풍에 의한 강수는 중심부근의 강한 상승기류에 동반된 중심역 강수와 중심의 통과 1~2일전에 내리는 전선성 강수가 있다. 강수량은 중심부근에서는 1시간에 대략 13mm정도이나 태풍에 동반된 강풍이 산악경사면을 타고 오를 때는 호우가 내릴 경우가 많아 강수량은 일반적으로 평지보다 산악지역이 많다.



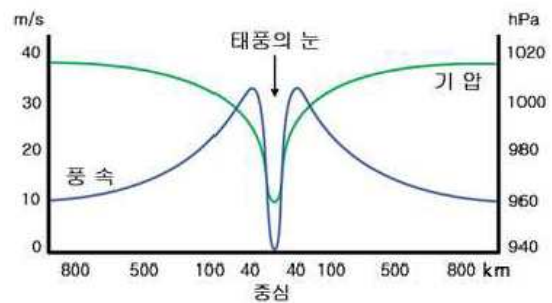
태풍 매미의 위성사진



태풍의 위험 반원과 가항반원



태풍권 내의 기류



태풍의 풍속과 기압분포

4) 태풍의 경로

태풍은 일반적으로 발생초기에는 서북서진하다가 점차 북상하면서 편서풍 지역에 이르면 진로를 북동쪽으로 바꾸어 진행하는 경향을 보인다. 태풍은 해수면 온도가 낮은 지역에 올라오면 세력이 약해지고 육지에 상륙하면 더 많은 수증기를 공급받지 못하는데다가 지면 마찰등의 영향으로 세력이 대체로 약해지게 된다.

2. 태풍과 관련된 재해

태풍이 접근하면 폭풍과 호우로 수목이 꺾이고 건물이 무너지고, 통신두절과 정전이 발생하며, 하천이 범람하는 등 막대한 피해가 발생한다. 그러나 때로는 수자원의 공급원으로 물부족을 해소하거나 저위도 지방에 축적된 에너지를 고위도로 운반하여 지구 남북의 온도 균형을 유지시키고 해수를 순화시키는 역할을 하기도 한다.

최근 태풍의 영향으로 재산피해규모가 증가되고 있음. 태풍과 관련된 재해는 폭우 및 홍수, 해일, 바람으로 구분할 수 있음

1) 폭우 및 홍수

태풍의 폭우에 의해 발생하는 홍수, 돌발홍수는 태풍이 내륙으로 이동함에 따라 급격히 세력이 감소함에도 불구하고 태풍의 경로에 150~300mm이상의 비를 내리고 이에 따른 홍수는 막대한 재산피해 및 인명피해를 가져온다.

2) 해일

해일은 태풍의 눈이 상륙하는 지역 근처의 해안선을 따라 발생하는 폭이 80km정도가 될 때도 있는 거대한 물의 기둥으로 그 경로에 있는 모든 것을 휩쓸어 버린다. 태풍의 세기가 클수록 해일은 더욱 높아지며 해일은 태풍과 관련된 재해 가운데 가장 위험한 재해이다. 태풍이 강할수록 해안의 수심이 낮을수록 해일은 더욱 높아지며 해변에 인접한 지역을 따라 발생하는 해일은 인명과 재산피해의 가장 큰 위협이 되고 있다. 자료에 따르면 10개의 태풍재난 중 9개는 해일에 의한 피해이다. 1900년에 미국 역사상 가장 많은 6천명의 사망 인명피해를 발생시켰던 갈베스톤 허리케인과 1969년 까밀리라는 허리케인은 발생동안 7.5m의 해일이 발생하였다. 해일의 형성과 전파는 태풍의 크기, 해일이 오는 해변의 바닥상태, 해안과 태풍중심의 상대적인 위치등과 같은 많은 요소에 영향을 받게 되며 만일 해일이 만조와 같은 시간에 도달하게 되면 물의 높이는 더욱 높아지게 되고 태풍조수(storm tide)는 해일과 정상조수의 결합으로 더욱 큰 피해를 나타내게 된다.

해일에 의한 피해는 해일 피해라고 할 수 있으면 해일이 갖는 큰 수압과 풍랑에 의한 인명피해, 항만시설, 제방 파괴, 선박피해, 해안근처 저지대 침수 및 양식장 피해 등이 있음.

3) 바람

시간당 120km이상의 속도를 가진 태풍의 바람은 매우 위험하다. 바람으로 구조물이 파괴되거나 간판, 지붕재료와 같은 물건이 날아가게 되고 이로 인해 2차적이 피해를 유발하기도 한다. 우리나라에서도 2002년 태풍 루사로 인해 제주도에서는 최대 순간 풍속이 56.7m/s를 보이기도 했다.

□ 바람으로 인한 피해

시설물에 작용하는 풍하중, 시설물 자체에 발생하는 1차적 피해 발생(시설물 골조피해: 골조풍하중에 의해 시설물의 골조에 변형이 발생하거나 파괴, 가로시설물 피해(가로등, 신호등, 가로수 등의 가로 시설물 파괴), 농작물 피해(벼, 과수원, 비닐하우스의 농작물 및 시설물 파괴), 기타피해(차량, 선박, 기타 시설물 파괴), 외장재 피해(외장재 풍하중에 의해 시설물의 외벽에 변형이 발생하거나 파괴), 2차적 피해: 1차적 풍해로 파괴된 시설물의 일부가 바람에 의해 날아가 발생하는 경우 발생,

3. 주요 태풍사례

- 태풍 매미: 2003년 9월 12~13일에 발생. 전국 14개 시도에 영향을 미쳤으며 최대일강우량이 남해에 453mm에 달했음. 태풍 매미는 제주지방 통과 시 중심 기압이 940hpa로 과거 제주지방에 가장 큰 영향을 주었던 사라(1959년), 루사 당시 각각 965hpa와 955hpa규모의 태풍강도를 능가했다. 태풍 매미로 사망 130명, 47,810억 원의 재산피해 발생하였고 서울과 인천을 제외한 부산 등 전국 14개 시도의 156개 시군구, 1657개 읍명동이 특별 재해지역으로 선포되기도 함.
- 태풍 루사: 2002년 8월 31일 제주도 서귀포 부근을 지나 전남 고흥반도 부근에 상륙하였고 9월 1일에 소멸된 태풍. 8월 30일부터 9월 1일까지 강수량은 제주도는 400~700mm, 남해안 지방은 200~400mm, 강원도 영동은 350~900mm였다. 이 태풍으로 강원도 강릉의 경우는 연강수량의 64%인 898mm의 비가 내렸을 뿐 아니라 8월 31일 하루 동안 870.5mm, 한 시간 최고 100.5mmdml 집중호우가 내려 기상관측 이래 최고치가 발생하였다. 태풍 루사로 전국적으로 산사태 하천범람 등으로 246명의 인명피해와 6만 3,085명의 이재민 발생, 건물 2만 7562세대 침수되는 등 5조 1,479억 원의 재산피해 발생하였다.

(출처: 기상청)

IV. 산사태와 가뭄의 이해

1. 산사태

산사태는 지질 및 기상 등 여러 원인에 의해 대량의 바위, 흙, 그리고 토사잔해물이 경사면 아래로 흘러내리는 것을 의미. 우리나라는 지형적 및 기상학적 영향으로 산지의 경사가 급하고 계곡이 짧아 여름철 우기에 태풍 및 집중호우로 산사태의 발생빈도가 높고 이에 따른 인명과 재산피해가 많이 발생하고 있다. 최근 대형구조물이 많이 건설되고 산악지역에도 도로가 건설되고 이와 더불어 구릉지나 산지에서의 산사태는 점차 인구밀집 지역으로 확대되는 경향이 있어 해마다 피해가 증가되고 있는 상태임. 최근 전국적으로 발생하고 있는 집중호우로 인해 발생한 인명피해의 대부분이 산사태로 인해 발생하고 있음. 이와 같은 산사태로 인한 피해가 늘고 있음에도 불구하고 산사태의 원인에 대한 명확한 이유가 연구되지 못하고 있고 따라서 산사태에 대한 효과적인 방지대책도 아직 확립되고 있지 못한 상태임.

일반적으로 흙 입자들은 서로 점착력이나 마찰력으로 어느 정도 결속력이 존재한다. 그

러나 강우로 인해 흙입자 사이에 많은 양의 수분이 유입되고 이 수분이 흙 입자 사이에 간극수의 형태로 존재하는데 이러한 간극수의 부력으로 인해 흙입자 간의 결속력이 약해지면서 하중을 견디지 못해 경사면이 붕괴됨

1) 산사태의 원인

산사태의 발생원인은 크게 잠재적 요인과 직접적 요인으로 구분가능. 잠재적 요인으로는 토질, 지질구조, 지형 등의 취약성과 같은 근본적인 요인이 있고 직접적 요인으로는 강우, 눈, 지하수, 하천해안의 침식, 지진 등과 같은 자연적 요인과 개발로 인한 절토 등과 같은 인위적 요인이 있다. 산사태는 잠재적 요인과 직접적 요인이 동시에 나타날 때 발생되기 쉬움. 즉 잠재적으로 취약한 구조를 가지고 있는 경사면에 강우나 절토 등과 같은 직접적 요인이 있을 때 산사태가 발생할 가능성이 높다.

2) 산사태의 분류

산사태를 여러 가지 기준에 의해 다양하게 분류 가능하나 그중 이동속도와 활동층 유무에 따라 세 가지로 분류가능하다.

- 산사태: 특정한 지질 또는 지질구조에서 많이 발생하고 5~20도의 완경사면에서 발생하며 0.01~0mm/일 정도의 작은 이동속도를 보이고 있음. 발생 원인으로는 지하수에 의한 영향이 크고, 발생 전에 균열이 발생하거나, 함몰, 융기, 지하수 변동 등의 징후를 보임
- 붕괴: 지질과 관련성은 적으며 20도 이상의 급경사에서 많이 발생하고 이동속도는 10mm/dlf 이상으로 비교적 큼. 발생원인은 강우가 주를 이루며 주로 돌발적으로 발생한다.
- 붕괴성 산사태: 지질 및 지질 구조를 영향을 받으며 20도 이상의 급경사에서 많이 발생하고 이동속도는 상당히 큼. 발생 원인으로는 강우, 융설과 지하수가 압력을 받고 있는 경우에 많이 나타나며 발생 징후 없이 돌발적으로 발생하는 경우가 많다.

2. 가뭄

기후변화는 가뭄의 중요한 원인이며 앞으로 기후변화로 인하여 가뭄현상은 더욱 심화될 것으로 예상되고 있음. 이에 반하여 우리사회는 도시화, 사회경제의 고도화와 함께 가뭄에 대한 취약성은 더욱 증가될 것으로 예상되고 있음. 특히 아프리카 및 아시아 여러 국가들에게 가장 영향을 크게 미치는 재해

우리나라의 수자원의 특성은 연도별, 지역별, 계절별 강수량의 변화폭이 커다는 것이며 이것은 물관리에 매우 불리한 점. 한반도의 연평균 강수량은 1,283mm로 세계 평균 강수량 973mm의 1.3배에 해당하나 인구밀도를 고려한 국민 1인당 연강수량은 세계평균 26800m³의 10%에 불과하다.

1) 가뭄의 정의

기상청에 따르면 가뭄은 오랜 기간에 걸쳐 비가 적게 내리고 햇볕이 계속 내리쬐어 수문학적으로 물의 균형이 깨지고 물부족 현상이 나타나는 것을 의미한다. 예전에는 가뭄의 강도를 무강수계속일수의 길고 짧음으로 판단했으나, 최근에는 물부족량 정도의 지속기간 및 가뭄의 영향을 받고 있는 지역의 넓이 등에 따라 판단하고 있다. 따라서 강수량과 증발산량, 토양삼투량, 유출량 등을 토대로 물균형 계산을 통해야만 정확한 가뭄의 강도를 파악가능하다. 가뭄은 기상학적, 농업적, 수문학적, 사회경제적 가뭄으로 다시 살펴볼 수 있다.

□ 기상학적 가뭄

기상학적 가뭄은 일반적으로 정상상태 또는 평균적인 개념과 비교하여 건조한 정도와 건조한 상태의 지속기간을 바탕으로 정의된다. 이 경우 강우의 결핍을 초래하는 대기 상태는 지역에 따라 변하기 때문에 특정 지역을 근거로 가뭄을 정의 한다. 예를 들어 기상학적 가뭄 정의 중 일부는 특정한 기준보다 작은 강우일수를 근거로 가뭄기간을 정의한다.

□ 농업적 가뭄

농업적 가뭄은 기상학적 (또는 수문학적) 가뭄의 다양한 특성을 강우 부족, 실제와 잠재증발산간의 차이, 토양수분 부족, 저수지 또는 지하수위의 저하 등에 초점을 맞추어 농업적 영향에 연결시킨다.

□ 수문학적 가뭄

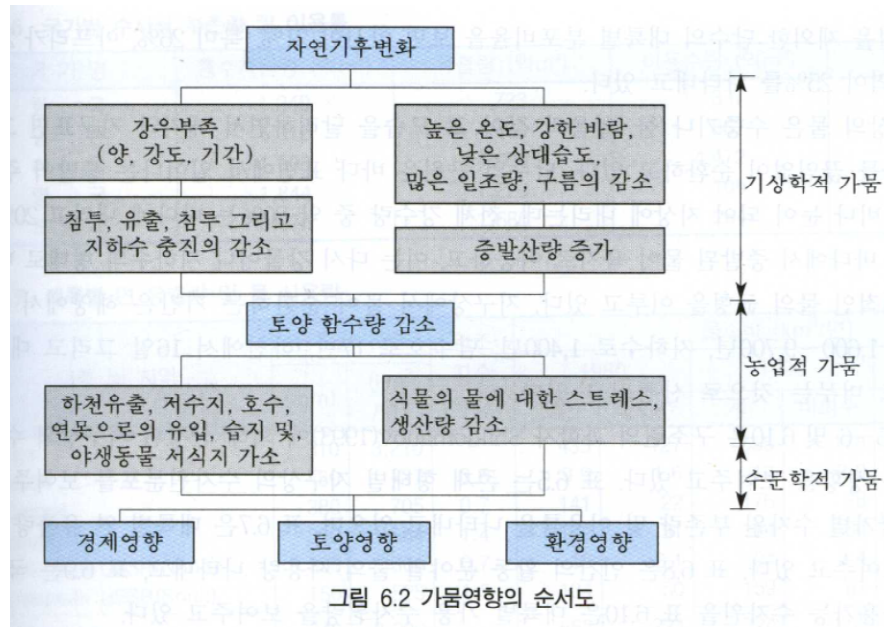
수문학적 가뭄은 지표나 지표아래 수분공급에 대한 강우 부족기간과 관련이 있으며 가뭄의 빈도와 심한 정도를 유역단위 규모로 정의한다. 수문학적 가뭄은 일반적인 기상학적 및 농업적 가뭄의 발생시기와 어느 정도 시간적인 지체를 가지게 된다. 강우 부족이 수문학적인 시스템에 나타나기까지 시간이 더 걸리기 때문이다. 기후가 수문학적 가뭄의 주원인이지만 토지이용 및 이에 따른 산림 훼손, 토양침식, 댐건설과 같은 활동이 유역의 수문학적 특성에 영향을 미치기도 한다.

□ 사회경제적 가뭄

사회경제적 가뭄은 물의 수요와 공급을 기상학적, 수문학적, 그리고 농업적 가뭄요소와 관련시켜서 이야기하고 있다. 사회경제적 가뭄은 기상과 관련된 물의 공급의 부족으로 인해 일간의 활용에 필요한 강우를 충족시키지 못할 때 발생한다.

2) 가뭄의 영향

가뭄 시작 시 농업분야는 저류된 물에 대한 의존성 때문에 먼저 영향을 받고 건조기간이 장기화 되면 토양수는 감소하고 사람들이 물부족의 영향을 차차 느끼기 시작한다. 예를 들어 지표수에 의존하는 사람들이 먼저 가뭄을 느끼고 지하수에 의존하는 사람들은 나중에 가뭄을 느낀다.(출처: 이재수, 자연재해의 이해)



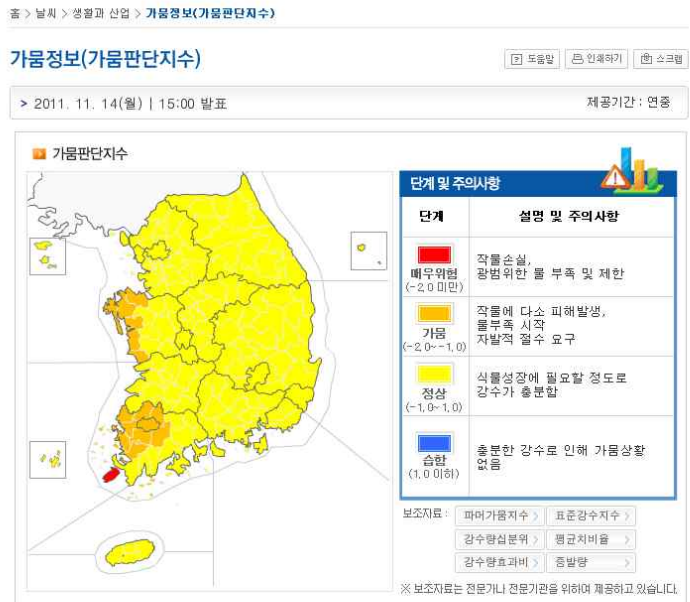
3) 가뭄피해

가뭄피해는 오랜 기간에 걸친 물부족으로 나타나는 산업 및 생활상의 피해를 의미하며 가뭄피해를 단순히 강수량의 통계적 수치만으로 취급하는 것보다 물부족의 기초 개념에 의해 정의되어야 한다. 물부족은 공업용수의 부족과 연결되어 생산을 저하시킬 뿐 아니라 농작물의 피해, 하천수위 감소, 지하수 및 토양의 수분을 고갈시킨다. 우리나라의 경우, 여름철에 북태평양고기압의 세력이 지나치게 강해 장마전선이 충분히 비를 내리지 못하고 북상할 때 주로 나타난다.

가뭄의 특성은 다른 재난과 달리 피해가 서서히 발생하고 같은 지역이라도 물을 사용하는 주체에 따라 가뭄이라는 재난이 될 수도 있고 자연현상에 불과할 수도 있다. 도심지역에서는 주로 감무에 대해 절수운동을 기반으로 대처하며 농촌지역은 농사철에 따라 파종법과 논물을 이용하는 요령이 달라진다. 가뭄은 농업에 가장영향을 많이 미치나 공업 및 기간산업에도 크게 영향을 미친다.

4) 가뭄지수

기상청에서는 가뭄판단을 위한 정보로 가뭄지수를 계산하여 홈페이지에 지도정보를 제공 중임



기상청 제공 가뭄정보

5) 우리나라의 주요 가뭄

1960년대 이후 우리나라의 주요 가뭄은 영호남을 중심으로 전국적으로 발생했던 1968년 가뭄과 1977년, 1988년 가뭄, 1994년 중부 이남지역의 가뭄을 들 수 있으며 주로 5~7년 주기로 발생하는 경향을 보임. 또한 1990년 이후에는 지역에 따라 크고 작은 가뭄이 거의 매년 발생하고 있다.