

태풍에 대비하는 홍수예보의 고도화 방안



조 효 섭

국토교통부 한강홍수통제소
수자원정보센터장
chohs9882@korea.kr



김 정 엽

국토교통부 한강홍수통제소
시설연구사
cnujykim@korea.kr

1. 서론

전 세계는 기후변화에 따른 이상기후 등으로 인해 태풍, 홍수와 같은 대규모 자연재해로 인한 피해를 겪고 있다. 국토의 70%가 침수된 2011년 태국 차오 프라야강 범람과 6,200여명이 사망한 2013년 필리핀 하이옌 '슈퍼태풍' 그리고 100만명의 이재민이 발생한 2014년 유럽 발칸반도의 120년 만의 폭우, 그리고 지난 8.12일 이틀간 미국 루이지애나에 내린 609mm가 넘는 폭우 등이 대규모 자연재해로 인한 피해의 일례라 하겠다. 우리나라에서도 2002년 태풍 '루사'로 인해 377명 사망, 10조원의 재산피해를 입었고 2003년 태풍 '매미', 최근에는 기상관측 이래 3개 태풍이 연속 상륙했던 2012년 태풍 '볼라벤' 같

은 경우가 기후변화에 따른 피해사례라 하겠다.

국민안전처의 재해연보에 따르면 2001년 이후 기상재해에 따른 인명 피해의 약 55%, 재산 피해의 약 60%가 태풍 때문에 발생했다. 태풍은 태평양지역에서 매년 약 26개 정도가 발생하는데, 이 중에 우리나라에 직접 영향을 주는 것은 매년 약 3개 정도이다. 태풍 횡수는 많지 않지만 막대한 피해를 줄 수 있으므로 사전에 태풍의 특성을 이해하고 미리 대비할 필요가 있다. 또한, 최근 기후변화와 단기간의 집중호우 및 도시화로 인한 불투수층 증가 등 유역환경이 변화함에 따라 홍수의 발생 빈도 및 피해규모가 증가하고 있다.

태풍과는 다른 형태의 집중호우로 인한 홍수피해 사례로 2010년 광화문 침수, 2011년 강남역 침수, 2014년 부산·기장 침수 등 하천내 및 주변 시설, 도심지 도로 및 주택 침수 등 홍수피해 유형이 다양화되고 있다. 그리고, 「2015년 한국의 사회지표」에 의하면 65세 이상의 고령인구 비율이 지속적으로 증가될 전망이다므로 농촌 및 도심지 저지대 독거노인 거주 증가 등 홍수대응 능력이 취약한 사회구조로 변화함에 따라 홍수예보 서비스 품질의 고도화가 요구되고 있다. 이와 더불어 기후변화에 효과적으로 대응하고, 신속하고 정확한 홍수예보로 우리나라 전 국민이 태풍과 같은 자연재해로부터 안심하고 생활할 수 있도록 홍수예보 고도화가 필요한 상황이다.

본고에서는 태풍에 대한 기본적인 정의 및 현황

그 간 우리나라에게 직·간접적으로 영향을 주었던 사례 유형 분석을 통하여 호우피해 또는 바람 피해 등에 대해서 알아보고 앞으로 홍수예보의 고도화 방안에 대하여 간략하게 언급하고자 한다.

2. 태풍의 정의와 발생 현황

2.1 태풍의 정의

태풍의 정의는 태풍백서(2011)에 의하면 다음과 같이 기술하고 있다. 열대 해상에서 발생하는 전선

을 갖지 않는 대류권내 저기압성 순환을 열대저기압으로 총칭한다. 태풍은 북태평양 서부에서 발생하는 열대저기압 중에서 중심 부근의 최대풍속이 17m/s 이상의 강한 폭풍우를 동반하고 있는 것을 말하는데, 폭풍우는 반드시 태풍에만 동반되는 것이 아니고 온대저기압에서도 발생하는 경우가 많다.

그러나 그 발생원인과 양상이 다르기 때문에 열대저기압과 온대저기압은 구별되고 있으며 열대저기압(Tropical Cyclone)은 그림 1과 같이 지구상 여러 곳에서 연간 평균 80개 정도가 발생하며 그 발생 장소에 따라 명칭을 각각 달리하고 있다.

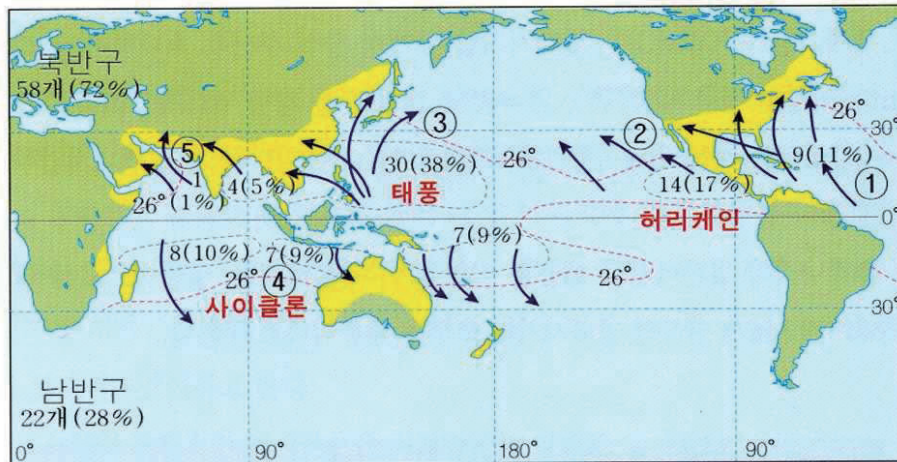


그림 1. 열대저기압의 발생장소와 명칭(기상청 국가태풍센터, 2011)

열대저기압인 태풍은 지역에 따라 다른 이름으로 불리는데 북서태평양에서는 태풍(Typhoon), 북중미에서는 허리케인(Hurricane), 인도양에서는 사이클론(Cyclone)이라 한다. 태풍, 허리케인, 사이클론의 발생 원인과 특성은 모두 같으나 단지 지역적인 차이에서만 이름을 분류하는 것이며 3가지 형태를 통합적으로 나타내는 용어는 열대저기압(Tropical Cyclone)이다.

태풍은 중심부근의 최대풍속에 따라 세분화하는데 세계기상기구에서는 4단계로 나누고 있고

우리나라와 일본 등에서는 열대저압부(Tropical Depression, TD)와 태풍(Typhoon) 2단계로 나누어 분류하고 있다(표 1).

태풍의 크기와 강도는 표 2와 같이 분류하며 태풍의 크기는 15m/s 이상의 풍속이 미치는 영역과 중심 최대풍속에 따라 분류한다.

태풍 구조를 보면 눈(eye) 주위를 강한 비구름(spiral band)이 회오리치면서 둘러싸고 있는 형태이다. 태풍의 눈은 태풍 중심부에 작게는 수 km부터 수십 km까지 구름이 없는 부분이 있는데 이

표 1. 태풍의 구분(기상청 국가태풍센터, 2011)

중심부근 최대풍속		17m/s(34knots) 미만	17~24m/s (34~47knots)	25~32m/s (48~63knots)	33m/s(64knots) 이상
구분	세계 기상 기구	열대저압부 Tropical Depression (TD)	열대폭풍 Tropical Storm (TS)	강한 열대폭풍 Severe Tropical Storm (STS)	태풍 Typhoon (TY)
	한국, 일본	열대저압부	태풍		

표 2. 태풍의 크기 및 강도 분류

크기	풍속 15m/s 이상의 반경	강도	중심 최대풍속
소형	300km 미만	약	17m/s(34knots)이상~25m/s(48knots)미만
중형	300km~500km 미만	중	25m/s(48knots)이상~33m/s(64knots)미만
대형	500km~800km 미만	강	33m/s(64knots)이상~44m/s(85knots)미만
초대형	800km 이상	매우강	44m/s(85knots)이상

주) 태풍백서(2011) 표 재구성

를 말한다. 태풍 전체의 크기는 중심으로부터 초속 15m 이상의 바람이 부는 곳까지의 거리를 강풍반경으로 산정하는데 강풍 반경이 300km 미만의 태풍을 소형태풍, 300km~500km는 중형태풍, 500km~800km는 대형태풍, 800km를 초과하는 태풍을 초대형태풍으로 분류하고 있다. 소형태풍이라고 하더라도 제주도 면적(1,848km²)의 100배 이상의 규모에 해당하며 대형태풍의 경우 그 규모가 한반도 전역을 커버한다. 대부분의 태풍은 중형태풍으로까지 발달한다.

2.2 태풍 발생 현황

지구상에서 연간 발생하는 열대저기압은 평균 80개 정도이며 이중 태풍은 약 26개정도가 발생하는 것으로 나타나고 있다. 태풍은 태평양 북서쪽 지역, 즉 필리핀 동부의 해역에서 주로 여름과 가을철에 발생한다. 태풍은 위도 5도 정도 위의 지역에서 발생하게 되는데 이는 그 아래 지역에서는 회오리

를 만들어 내는 지구 전향력(Coriolis force)이 충분히 작용하지 못하기 때문이다. 태양열에 의해 더워진 따뜻한 해수 표면에서 수증기가 그 위의 건조한 공기층으로 증발하면서 습기를 많이 머금게 된 공기가 회오리 형태로 상승하게 되고, 이 과정에서 응결하면서 거대한 구름벽을 만들게 된다. 기술적으로는 중심부근 최대풍속(10분 평균)이 초속 17m(시속 약 60km) 이상인 경우를 태풍으로 분류한다.

표 3에 정리한 것과 같이 월별 평균 발생한 태풍 수를 살펴보면 전체 발생 태풍 중 약 56%(14.4개)가 7~9월에 발생하였으며, 월별로는 8월에 가장 많이 발생하였고 그 다음으로 9월, 7월의 순이다. 우리나라에 영향을 준 태풍도 이 기간 동안에 84%가 있었다.

그러나 드물게는 6월과 10월에도 오는 경우가 있었다. 이는 비록 태양이 추분을 지나면서 남반구쪽으로 이동하더라도 육지에 비해 해수는 더욱 서서히 온도가 낮아지므로 더운 성질을 당분간 유지하기 때문이다. 따라서 9~10월에도 태풍의 발생과 이동을 주시할 필요가 있다.

표 3. 30년 및 10년 월별 평균 태풍 발생 현황

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	합계
30년 평균 1981-2010	0.3	0.1	0.3	0.6	1	1.7 (0.3)	3.6 (0.9)	5.9 (1.0)	4.9 (0.7)	3.6 (0.1)	2.3	1.2	25.6 (3.1)
10년 평균 2001-2010	0.3	0.1	0.2	0.5	1.4 (0.1)	1.7 (0.3)	3.1 (0.7)	5.5 (1.0)	4.4 (0.4)	2.9	2	0.9	23.0 (2.5)

주) ()는 우리나라 영향태풍수

일반적으로 보면 태풍의 발생초기에는 약한 열대 저기압으로서 얼마 동안은 적도 부근의 동풍에 밀려 서쪽으로 진행하다가, 점차 북쪽으로 올라오면서 열대폭풍으로 발달하고, 그 열대폭풍이 더욱 커져 태풍으로 발달하여 북쪽으로 향하게 되며, 말기에는

전향하여 북동쪽으로 진행하게 된다. 따라서 태풍은 북태평양고기압의 서쪽 가장자리를 도는 것 같이 진행하므로 그림 2의 태풍경로는 북태평양고기압의 서쪽 가장자리의 월별 평균위치를 나타내고 있는 셈이다.

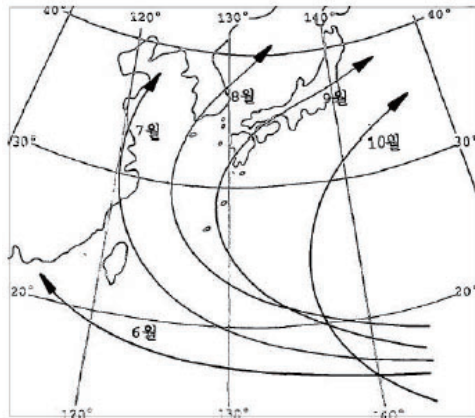


그림 2. 태풍의 월별 진로

즉, 태풍은 고기압의 중심을 오른쪽으로 바라보면서 진행하는데 6월의 태풍은 계속 서진해서 남중국해상쪽으로 향하는 경우가 많고, 7월의 태풍은 대만 부근에서 중국 연안을 따라 북상하여 서해를 거쳐 우리나라 쪽으로 진행한다. 8월의 태풍은 동지나해로부터 우리나라를 가로질러 동해로 진행한다. 9월의 태풍은 남쪽 해상으로부터 오키나와 동쪽해상을 지나 일본 열도 쪽으로 진행한다. 10월의 태풍은 일본 남쪽해상 멀리 지나간다.

8월 중순에서 9월 초까지의 태풍경로는 북태평양

고기압의 확장 상태와 깊은 관계가 있다. 이 고기압이 확장하고 있으면 태풍은 중국대륙 쪽으로 진행하지만, 8월 중순이후부터 9월초가 되면 북태평양고기압의 세력이 조금씩 약화되어 일본 열도 부근까지 움츠러들게 되므로 우리나라 쪽으로 진행해 오는 일이 많다.

태풍의 진행 방향과 강도에는 지상 5~10km 상공의 대류권 상층부의 공기흐름이 큰 영향을 준다. 예를 들어 대류권 상층부에서 태풍의 상승기류를 가속시키는 일종의 기압능을 만나게 되면 공기의 상승흐

름을 더욱 촉진하게 되어 태풍은 더욱 강화된다. 반면, 상층부에서 제트기류를 만나게 되면 태풍의 진행 속도가 빨라지면서 상·하층 공기 흐름 간의 분리가 이루어지면서 회전운동을 약화시켜 태풍은 소멸되기 쉽다.

이외에도 북태평양 고기압 등에 따른 기압골의 위치, 지표의 마찰 상황 등이 태풍의 진로와 강도에 영향을 준다. 이러한 여러 가지 요인들이 복합적으로 수시로 변하면서 태풍의 진로에 영향을 주게 되

로 태풍의 진로를 예측하는 데에는 어려움이 많다. 2014년 기준으로 미국의 경우 태풍 진로 예측에 있어 5일전에는 384km, 2일 전에는 150km, 우리나라는 5일전 405km, 2일전 172km의 오차를 보이고 있다. 일본은 그림 3과 같은 수준으로 계속해서 진로 예측 오차를 줄여가고 있으며 2015년 기준으로 5일전 366km, 2일전에는 119km의 오차를 보이고 있다.

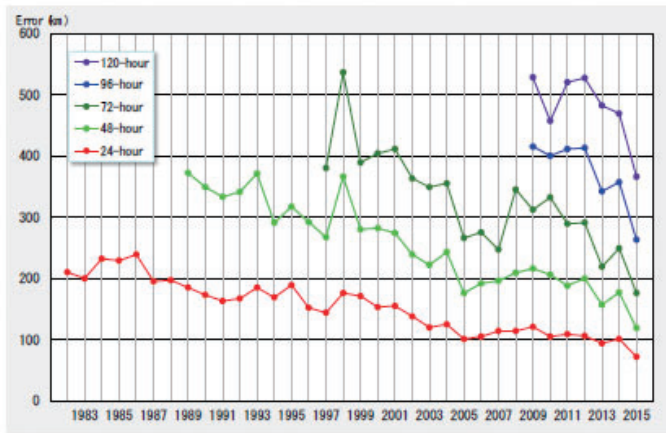


그림 3. 일본 기상청의 태풍 진로예측의 평균 오차 수준

3. 태풍 진로에 따른 홍수 피해

재해연보(2015)의 최근 10년간 원인별 피해액 현황을 살펴보면 태풍으로 인한 피해액은 평균 1,540억원으로 호우 다음으로 가장 많은 피해액을 보이고 있다.

태풍으로 인한 피해는 태풍의 진행속도가 느릴수록 노출되는 시간이 길어지므로 더 커진다. 또한 태풍의 진행방향으로 봐서 오른쪽 반원 지역이 왼쪽 반원 지역보다 피해를 더 크게 입게 된다는 점을 기억해둘 필요가 있다. 왜냐하면 왼쪽 반원 지역은 태풍 진행방향과 중심부로 회오리쳐서 들어가는 바람 방향이 반대여서 그 힘이 서로 상쇄되기 때문이다.

태풍으로 인한 피해는 폭풍해일(storm surge), 강풍(strong wind), 호우(heavy rain)의 세 가지 경

로를 통해 일어난다. 폭풍해일은 태풍이 해수를 해변 쪽으로 밀어 올리면서 이 높아진 해수가 몇 초 이내의 짧은 시간 내에 해변을 덮치게 된다. 해수가 썰물일 경우보다 밀물 상황일 경우에 해일과 상승작용을 일으키게 되므로 피해가 더욱 커지게 된다. 대개 80km 정도의 지역에 피해를 입힌다고 알려져 있다. 미국의 경우 태풍으로 인한 인명피해의 90% 정도가 폭풍해일로 인한 것이라고 한다.

그림 4는 우리나라에 영향을 주는 태풍들의 특성을 나타낸 것으로 그간의 태풍이 우리나라에 영향을 준 것을 간단한 통계적 방식을 통하여 분석한 것으로 내륙을 관통하는 경우에는 바람에 의한 영향이 70%, 호우에 의한 영향이 30%이고, 남해부근과 대한해협을 통과하는 태풍들이 호우에 의한 영향이 더 미치

는 것으로 나타나고 있다. 따라서, 우리나라 남해안과 대한해협으로 북상하는 태풍에 대해서 더 주의를 가질 필요가 있다. 대부분의 태풍은 간접영향으로 중국으로 들어가서 열대성 저기압으로 변화하고 편서풍을 타고 한반도로 오면서 많은 강우를 주는 경우가

많고, 특히 장마전선이 발달할 경우에 이러한 열대성 저기압으로 변질된 수증기단과 장마전선이 결합할 경우에 많은 집중호우를 동반하기도 하였다. 이러한 집중호우는 1996년, 1998년의 경기 북부 임진강유역의 홍수피해 사례를 통하여 알 수 있다.

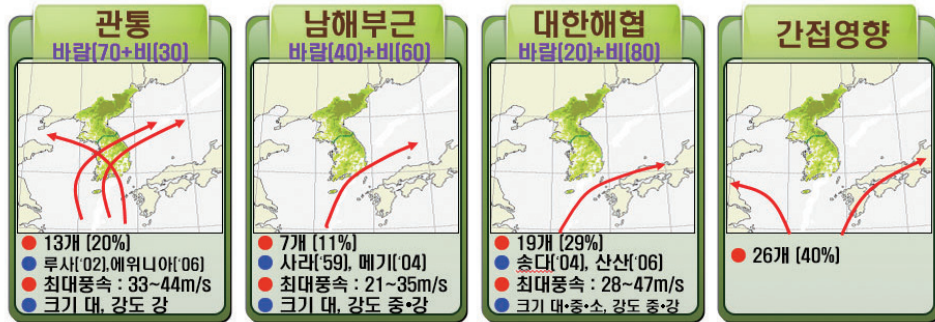


그림 4. 우리나라에 영향을 주는 태풍의 특징

1996년 7월 26일부터 28일까지 경기도 북부와 강원도 영서 지역에 기록적인 호우가 내렸다. 북태평양 고기압에 의해 지면 부근에는 따뜻한 기류가 형성된 반면에 대기 5km 상층에는 북한 지방에 머무르고 있는 장마전선, 즉 저기압의 영향으로 찬 기류가 밀려 내려온 것이다. 이 같은 기류 영향으로 하층의 따뜻한 기류가 상층의 찬 기류 쪽으로 10km 이상 급상승한 뒤 두꺼운 구름을 형성해 집중호우를 내린 것이다. 경기 북부지역과 강원 영서지역을 제외한 다른 지방에는 비가 거의 내리지 않았다. 26일부터 28일까지 3일 연속 강우량은 연천 687mm, 철원 527mm, 화천 427mm, 강화 422mm를 기록했으며, 시간당 최대 강우량은 철원이 43mm(7월 26일 07:00~08:00), 강화 49mm(7월 27일 01:00~02:00)이었다.

하천 수위도 크게 올라 경기도 연천 군남 지점의 최고 수위가 EL.33.1m를 기록해 계획홍수위(EL.31.7m)를 초과했고 한탄강 전곡 지점은 계획 홍수위(EL.31.8m)를 3.2m 초과한 EL.35m를 기록했다.

연강수량의 절반가량인 7백여mm의 호우가 내린 경기북부 지역은 순식간에 침수됐다. 여기에도 북한

지역의 폭우까지 겹쳐 임진강 수위가 급격히 불어났을 뿐만 아니라 서해안 만조시점과 맞물려 배수처리가 안돼 임진강과 한탄강, 차탄천, 문산천, 동문천 등이 범람해 연천읍, 문산읍이 물에 잠기고 말았다. 고층 아파트와 고지대를 제외한 경기 북부 지역의 시가지와 농경지는 모두 침수돼 진흙밭을 이뤘고 농작물 또한 막대한 피해를 입었다. 연천군 청산면에 위치한 연천댐에선 27일 8시경 수위가 급격히 상승해 9시가 되자 댐 우안으로 물이 넘치기 시작해 약 50m 가량 유실되어 하류지역 주민 1만여 명이 긴급 대피해야만 했다.

인명피해도 피해갈 수 없었다. 27일 새벽 5시경 철원의 한 군부대 막사를 덮친 산사태로 20여 명의 사병이 목숨을 잃었는데 이어 또 다른 군부대에서도 역시 산사태로 수십 명이 매몰돼 결국 사망하는 참변이 일어났다. 당시 경기 북부와 강원도 등 중부지역에 내린 호우로 29명(군인포함 89명)이 사망·실종됐고, 16,933명의 이재민이 발생했으며 5,577ha의 농경지가 피해를 입어 총 4,275억원의 재산 피해가 발생했다.

1998년 7월 31일부터 8월 19일까지의 집중호우는



한반도 주변의 대기가 매우 불안정한 상태에서 양쯔강 유역에서 불어오는 많은 양의 수증기가 유입돼 대체로 짧은 시간에 급격히 호우세포로 발달해 짧고 굵게 이곳저곳을 누비며 발생한 점이 특징이었다. 게릴라성 폭우는 지리산 일대를 시작으로 8월 3~4일은 서울·경기에, 5~6일은 경기 북부에, 6~7일은 포천 일대에, 7~8일은 다시 서울·경기에, 8~9일은 충청 북부에, 11~12일은 속리산·보은에, 14~15일은 또다시 서울·경기에, 15~16일은 충청 중·남부에, 17~18일은 호남 지역 등으로 이동하며 기습했다.

이 집중호우로 인해 비가 8월 한달 동안 서울과 강화에서 1,000mm 넘게 내렸으며, 이는 평년의 연강수량에 가까운 많은 양이었다. 서울 1,237.8mm, 강화 1,069.0mm, 동두천 997.2mm, 양평 956.6mm, 보은 894.0mm로서 엄청난 양의 강우가 8월에 집중되었음을 알 수 있다.

1998년 8월에 발생한 20일간의 호우는 돌발성이 강해 일명 게릴라성 폭우로 불리며 갑작스러운 홍수가 발생해 미처 대비하지 못한 상태에서 전국적으로 큰 피해를 보았다. 특히 피아골, 뱀사골 등 지리산 계곡에서 야영을 하던 피서객들이 미처 대피하지 못해 많은 인명피해가 났다. 당시 호우로 사망·실종 324명, 이재민은 24,531명이었으며, 농경지 7,796ha가 침수피해를 입어 1조 2,478억원의 천문학적인 피해가 발생했다.

2002년 태풍 루사의 경우, 우리나라에 태풍에 대한 피해기록을 시작한 이후 지금까지 가장 큰 피해를 주었던 태풍으로 2002년 8월 30일부터 9월 1일 양일간에 걸쳐 우리나라 전역에 그 영향을 주었다. 특히 강원도 지방에 엄청난 비를 뿌렸고, 사망·실종 246명, 이재민 63,085명, 농경지 17,749ha가 침수되고 재산피해가 5조 1,479억 원 등 막대한 피해를 주었다. 당시, 남해상의 해수면 온도가 평년보다 2~3℃ 높아 충분한 에너지원이 공급되어 강력한 세력을 유지할 수 있었고 이동속도가 느려 피해가 더 컸던 것으로 분석되고 있다.

루사는 2002년 8월 23일 서태평양 괌 동북쪽

1,800km 부근 해상에서 열대성 폭풍으로 발생해 30일경 중심기압 950hpa의 태풍으로 바뀌었다. 태풍 루사는 일본 규슈 가고시마 남쪽 해상을 거쳐 31일 오후 3시경 전남 고흥반도 남쪽 해안에 상륙했다. 그런데 루사는 한반도에서 기상관측이 시작된 이래 가장 많은 1일 강수량 870.5mm와 최대 순간 풍속 56.7m/s, 970hpa의 중심기압을 기록할 정도로 그 위세가 대단했다.

태풍 루사는 약 18시간 동안 한반도 내륙에 머물렀지만 강풍과 함께 많은 비를 뿌렸다. 특히 태백산맥 상층부에 형성된 비구름대에 북서쪽의 저온다습한 공기가 합류해 강원도 동부 지역에 엄청난 폭우를 내렸다. 강릉 870.5mm, 대관령 712.5mm, 동해 319.5mm 등 일강수량 200mm 가 넘는 지역이 모두 13곳이나 되는 등 다른 어떤 태풍보다도 많은 비를 뿌려 큰 피해를 남겼다. 2004년 태풍위원회는 우리나라에 큰 피해를 입힌 태풍명 '루사'를 더 이상 사용하지 않기로 결정하고 "청색 벼슬을 가진 잉꼬라는 뜻의 '누리(Nuri)'"란 이름으로 대체했다.

우리나라의 경우 2003년 9월에 왔던 태풍 매미의 경우 남해안 지역에서 태풍의 상륙 시기가 밀물 시기와 겹침에 따라 해일로 인한 피해가 컸던 적이 있다.

태풍에 따른 강풍도 도시지역이나 해안지역 농업 지역 등에 막대한 피해를 줄 수 있다. 태풍 매미는 2003년 9월 12일 우리나라 남쪽 해상에 상륙하여 동해상으로 진출하면서 4조 2,225억여 원의 막대한 피해를 주었다. 태풍 매미는 우리나라에 영향을 미친 다른 태풍들과 달리 최성기의 위력을 유지한 채 우리나라에 상륙하였다. 이는 동중국해상 및 남해상에 높은 수온대의 해수가 존재하였기 때문인데, 9월임에도 해수면 온도가 28℃를 유지함으로써 태풍에 지속적인 에너지를 공급하였다. 9월 11일 중심기압 910hPa까지 최대로 발달했었고, 이후 9월 12일 남해안 상륙 시에도 954hPa의 강한 강도를 유지하고 있었다. 태풍 내습 시 제주지역에 최대 순간풍속 60m/초를 기록하여 역대 우리나라에 영향을 준 태

풍 중에서 가장 강한 바람을 동반한 태풍으로 기록되었다.

한편, 2007년 태풍 나리는 비교적 고위도에서 발생하였으나 급격히 발달한 강한 태풍으로써, 대표적인 강한 소형태풍이었다. 이 태풍은 제주도를 지나 전라남도 고흥에 상륙했으며 1조 592억의 막대한 재산 피해를 입혔다.

2012년에는 태풍 4개가 직·간접적으로 우리나라에 영향을 주었으며, 8월 말부터 9월 초까지 연속적으로 태풍 3개(텐빈, 볼라벤, 산바)가 우리나라를 강타하였다.

8월 28일에는 제15호 태풍 '볼라벤', 8월 30일에는 제14호 태풍 '텐빈'이 우리나라에 상륙하여 전국에 강한 바람과 함께 많은 비가 내렸다. 강풍반경이 530km이고 순간최대풍속이 59.5m/s인 강한 바람을 동반한 제15호 태풍 볼라벤(03년 매미의 순간최대풍속 60m/s에 이어 두 번째)에 의한 의한 강한 바람과 파랑으로 해안가 주변의 수산증·양식시설과 항만, 어항, 해안도로 등의 공공시설물이 극심한 피해를 입었고, 연이어 제14호 태풍 텐빈의 상륙에 따른 강한 호우로 배수펌프장과 우수배제시설 용량 부족으로 시가지와 산업단지 등 침수시설의 통수단면 부족으로 하천범람, 제방유실이 발생되어 인근 주택 및 농경지에 피해가 발생하였다. 피해지역은 총 17개 광역 시·도의 177개 시군구로 사망 11명, 이재민 3,830명, 6,364억의 재산피해를 입었다.

이해 9월 15일부터 9월 17일 기간 중 제16호 태풍 산바의 영향으로 경남·북 지역에 위치한 시군구를 중심으로 많은 피해가 발생하였다. 태풍상륙과 만조위 시간대가 겹치면서 높은 파고 및 해안지역 내수배제 불량으로 해안도로, 주택가, 농경지 침수, 방파제 유실, 수산증·양식시설 유실 등의 피해와 지형상 임야비율이 높고 마사토 지질인 경남 함양, 산청 거창 등 서부내륙지역에 산사태 피해가 집중 발생하였다. 피해지역은 총 15개 광역 시·도의 152개 시군구로 피해는 사망 2명, 이재민 3,843명, 3,657억 원의 재산 피해가 발생했다.

4. 홍수예보의 고도화방안

4.1 국내 홍수예보 현황

태풍과 집중호우로 발생하는 홍수를 사전 대비하기 위한 일환으로 국토교통부 홍수통제소에서는 홍수예보를 실시하고 있다. 우리나라에서 홍수예보는 홍수피해를 최소화하기 위한 가장 중요한 업무로 홍수의 규모와 발생시간을 예측하여 사전 정보를 통지하는 비구조물적 치수 대책으로 하천법 제42조에 의거하여 홍수로 인명과 재산에 대한 피해가 예상되는 때에 그 피해를 예방하거나 줄이기 위한 조치로써 홍수예보를 실시한다.

2016년 기준으로 전국 홍수예보지점은 43개소(한강 12, 낙동강 12, 금강 8, 영산강 11)로 홍수주의보·경보 기준의 2단계 수위예보를 실시하고 있다. 국토 전체에 비해 부족한 홍수예보지점으로 전국 범위의 홍수대응이 불가하고 유역의 국지성 집중호우에 대비한 돌발홍수에 대한 예측과 홍수범람 피해가 빈발하는 도심지 및 친수지구 등에 대한 침수예보는 아직까지는 시범적으로 적용하는 단계로 대국민을 대상으로 시행되지는 못하고 있는 실정이다. 이에 단계적으로 홍수예보 지점을 확대하고 홍수예보 기준수위를 세분화하고 행정구역 공간홍수예보를 도입할 필요가 있다.

현재 하천변 도로, 철도교량, 하천둔치, 공사현장 등 주요 시설의 침수에 대비하여 미리 설정해둔 기준수위에 대해서 실시간 홍수정보를 제공하고 홍수예보 지점은 3시간 이내의 홍수예측 정보를 제공하고 있다.

그러나 현행 홍수예보는 주의보 및 경보수위 도달 시점에 대한 예측에 한정되어 있어 일반 국민들이 홍수에 대한 위험을 인지하고 안정적으로 대피할 수 있는 충분한 시간을 확보하기에는 다소 부족한 면이 있고, 중랑천·탄천·왕숙천 등 한강 수계 3개 주요 지천을 대상으로 확률홍수예보시스템을 시범 구축하였으나 현업에서의 활용은 어려운 실정이다. 이에 홍수예측 정확도를 향상시키고 선행시간을 확대하

기 위한 기술을 개발할 필요가 있다.

4.2 홍수예보의 개선방향

홍수예보 이외로 국토교통부 홍수통제소의 대국민 홍수서비스는 홍수통제소 웹사이트 및 ‘홍수알리미(Flood Korea)’ 앱 등으로 강우 및 하천수위정보를 제공하고 있으나 홍수상황에 대응하는데 직접적으로 활용이 가능한 상세한 홍수정보의 제공으로는 다소 부족하며 홍수관리를 하는 유관기관 위주로 댐 방류와, 지중수위 알림 등으로 제한된 홍수정보를 제공하고 있다.

국토교통부는 금년에 신뢰도 높은 홍수예보 제공으로 안전한 나라 실현을 비전으로, 국민생활 중심의 홍수예보 실현을 목표로 4대 전략 및 10개 추진과제를 수립하였다.

국민생활 중심의 홍수예보 실현을 목표로 하는 4대 전략은 “맞춤형 홍수대응을 위한 지역별 공간 홍수예보 도입”, “사전대응을 위한 홍수예보시간 확대”, “국민생활중심 홍수위험정보 제공”, “홍수예보 첨단화 기반 확보” 등이다.

“맞춤형 홍수대응을 위한 지역별 공간 홍수예보 도입”에서는 현재 대하천 본류 중심의 43개소 홍수예보지점을 운영 중이나 지방하천구간의 홍수예보 지점이 부족하여 도시구간 저지대 침수예보 등의 기준점으로 활용이 곤란한 상황이므로 정확한 홍수예보 기준점 확보를 위하여 홍수위험지역 중심으로 홍수예보지점을 확대하고자 한다.

2020년까지 12대 수계 20개 시군구에 65개소로 예보지점을 확대하고 중장기적으로는 조직개편, 전문 인력 충원, 홍수위험지도 등과 연계하여 시군구별 1개소 이외의 예보지점 운영을 목표로 점진적으로 늘려가면서 대부분의 홍수피해에 대하여 사전 예보를 통한 적기 대응이 가능하도록 홍수예보 기준을 세분화하고 홍수피해 예상 시작점을 알려주는 기준을 도입할 필요가 있으므로 이에 홍수예보 세분화 발령기준을 마련하고 연차적으로 확대하여 지점 및

공간 홍수예보에 적용할 예정이다.

“사전대응을 위한 홍수예보시간 확대”는 레이더 검보정 강화, 강우예측 알고리즘 개선 및 확률홍수예측기술을 적용하여 향후 6시간 선행 예측정보를 제공하고자 한다. 우선 레이더 현장품질관리 체계 구축 및 검증관측소 운영을 병행하고 안정적이고 정확도 높은 레이더 관측·운영·자료 활용을 통하여 레이더 활용 활성화 기반을 마련할 필요가 있다. 또한 기상청 협업으로 추진중인 이중편파 강수량 예측 기술 개선 등 관련 연구 결과들을 토대로 강우예측의 정확도를 향상시키고 수문·기상 조건의 불확실성을 고려하여 신뢰성 있는 상·하한치 예측 구간을 제시하는 확률예측기법을 도입하여 홍수예보의 정확도를 향상시키고자 하며 지역별 특성, 홍수피해 이력, 홍수위험지도 등과 연계하여 홍수위험도를 사전에 분석하고 이를 강우예측정보와 연계하여 자동 갱신되는 시스템을 구축하고자 한다.

“국민생활중심 홍수위험정보 제공”에서는 유관기관 홍수관리 관계자 등에게 인근 관측소의 수위정보 위주의 일률적인 현황과 홍수예보 상황을 제공하는 등 현행의 홍수정보는 위험 인지가 필요한 다양한 상황에 활용하기에는 제약적인 문제점을 해결하기 위해 국민, 지자체 등 수요자 중심의 맞춤형 홍수정보를 제공하여 홍수에 스스로 대비할 수 있는 여건을 제공하고자 한다.

캠핑, 낚시, 래프팅 등 주요 친수레저지구의 수심, 유속 등 홍수위험 알림서비스를 제공하는 등 홍수위험을 쉽게 체감할 수 있는 국민생활 맞춤형 홍수정보 콘텐츠를 개발하고, 하천변 저지대 홍수위험지역을 대상으로 국민요구 대응형 홍수정보를 제공하고 자 한다. 아울러 지자체 및 지역주민들의 홍수대응 능력 향상과 지속적인 협업체계 구축을 위하여 지역담당관 제도를 운영하고 홍수 컨설팅 및 교육 등을 실시하고 홍수정보 활용 가이드라인 제작 및 배포, 교육 프로그램 등을 개발할 필요가 있다.

국가하천 홍수위험지도는 금년에 제작이 완료되거나 지방하천 주변은 홍수위험지도가 아직 제작되지

않았다. 따라서 주요지방하천에 대한 홍수위험지도 작성을 위하여 전국의 국가 및 지방하천에 대한 홍수위험지도의 완성도를 높이고 그 활용에 있어서 홍수예보, 홍수보험, 긴급피난, 수방시설 운영 등에 적용될 수 있도록 할 필요가 있다. 이에 금년 하반기부터 지방하천 홍수위험지도 제작을 본격적으로 수행하고자 하며 Lidar 측량, 관망해석 등 정밀분석 일괄 적용을 지양하고, 구간별 중요도에 따른 차등적으로 조기 제작을 목표로 하고 있다. 또한 전국 모든 침수위험지역에 대해 빈도별 내수·외수 침수위험도를 반영하여 다용도 활용이 가능토록 조치하고 지방하천 주변 등 잔여지역 지도제작 및 국가하천 주변지역 보완작업을 권역별로 일괄 추진할 예정이다.

“홍수예보 첨단화 기반 확보”에서는 전국 범위 홍수예보 시행을 위한 기반 확보를 위해 현재의 노후화된 전산장비, 부족한 수문조사 및 통신설비, 부족한 인력과 제도 등을 개선하여야 한다. 공간홍수예보 및 침수예보 시행을 위해 수문관측망을 확대하고, 전국 홍수예보 실시를 위한 조직과 제도, 인력을 보강해서 홍수예보 업무변화를 반영한 전문 인력 확충과 홍수예보관제 신설이 필요하다. 새로운 홍수예보 기술의 적용 및 홍수정보의 제공 등 홍수예보 탄력성 확보를 위해 관련법을 개정과 홍수예보 업무규정 등의 제정을 추진할 예정이다.

5. 결론

태풍은 우리나라에 가장 큰 피해를 주는 자연재해 중 하나이다. 태풍으로 인한 홍수발생으로 국민의 인명과 재산 피해를 최소화하기 위해 홍수예보에 대한 전문 지식과 경험을 바탕으로 사전에 정확하고 신속한 홍수정보를 유관기관에 전파하고 국민에게 알리는 일은 매우 중요하다.

그러나 방재 유관기관 간에 긴밀하게 협업하여 기민하고 체계적으로 대처하느냐 여부도 피해의 정도에 큰 영향을 줄 것이다. 신속하고 정확한 기상정보를 바탕으로 홍수예보 담당자들은 적재적소에 맞는 홍수예보 정보를 국민들에게 차질 없이 신속하게 전달되도록 노력해야 한다.

이 과정에서 관련성 높은 정보를 효과적으로 알리고 홍수 예측정보의 불확실성 정도를 충분히 알려주는 등 정보의 유용성과 신뢰도를 높이기 위한 노력도 필요하다.

그 동안 전문인력 부족과 낙후된 전산시스템, 한정적 범위의 제도 등 홍수예보가 확대될 수 있는 기반이 부족하다라는 점들이 홍수예보에 대한 문제점으로 제기되어 왔다. 이러한 문제점이 일시에 해결되어 진다면 바랄 것이 없겠지만 점진적 그리고 지속적으로 개선되어 홍수예보 고도화를 위한 인프라의 첨단화와 제도 보완, 인력 충원 등이 확보되어야 할 것이다.



1. 국토교통부 (2014), 한국의 홍수통제 40년사
2. 국민안전처 (2015), 재해연보
3. 기상청 국가태풍센터 (2011), 태풍백서
4. 김휘린, 조효섭, 정희규 (2016), 국민생활중심 홍수예보 마스터플랜 수립, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, Vol.49, No.7, pp.7-16
5. 소방방재청 (2012), 재해연보
6. 정홍상 (2015), 태풍으로 인한 기상재해의 예방, 한국방재학회지, 한국방재학회, Vol.15, No.5, pp.35-39