

2005년 미국과 중앙아메리카에 발생한 홍수재해



김현준 ▶▶
한국건설기술연구원 수석연구원
hjkim@kict.re.kr



우효섭 ▶▶
한국건설기술연구원 연구위원
우리학회 부회장
hswoo@kict.re.kr

1. 들어가며

우리나라는 지난 2002년과 2003년 연이은 태풍 피해를 입었다. 2002년의 태풍 루사에 의한 피해는 자연재해 최대의 기록으로 자리매김 하였으며, 무려 5조원을 넘는 피해액을 기록하였고 복구비로도 7조 원이 넘게 소요되었다. 2003년의 태풍 매미 또한 4.8조원에 이르는 피해를 입혔다. 두 번의 홍수피해 규모는 우리나라 연 예산 183조원(2003년)의 5%에

해당하는 것으로서, 자연재해의 무서움을 다시 한번 일깨워주었다.

눈을 밖으로 돌려서 외국의 사례를 보자. 가까운 일본의 경우, 2004년에 무려 10개의 태풍이 일본 열도를 휩쓸었다. 이것은 1990년과 1993년에 6개의 태풍이 지나간 최고기록을 무려 4회나 초과한 것이다. 이로 인해 290여명의 사상자와 50조원 이상의 재산 피해가 발생하였다.

더 멀리 미국에서는 8월말에 걸프 만을 허리케인 카트리나가 강습하여 뉴올리언스 등 미국 남부 지역에 사상 최악의 피해를 입혔다. 9월에는 허리케인 카트리나의 악몽이 지워지기도 전에 또 다른 강력한 허리케인이 내습하여 복구 중에 있던 뉴올리언스시를 다시 침수시키기도 하였다. 10월 초에는 중남미의 유카탄 반도에 강한 비를 동반한 허리케인 스텐이 상륙하여 대규모의 산사태를 일으켰고 한 마을 전체가 매몰되는 참사가 있었다. 이 글을 쓰는 지금도 카리비안 해역에는 허리케인 월마가 지나가고 있으며, 준비된 허리케인 이름을 모두 다 써버리고 알파로 시작되는 또 다른 허리케인이 발생하고 있다(표 1 참조).

본 기사에서는 2005년에 미국과 중앙아메리카 지

표 1. 2005년 북미와 중미에서 발생한 주요 허리케인

	카트리나	리타	스텐	월마
발생일	2005/8/23~8/31	2005/9/17~9/26	2005/10/1~10/5	2005/10/15~27
허리케인등급	5	5	1	5
최대풍속	175mph(280km/h)	175mph(280km/h)	80mph(130km/h)	175mph(280km/h)
피해규모	\$2000억	\$80억	미 집계	미 집계
사망자	1,242	113	1,153~2,500+	13(10/26 현재)
피해지역	바하마, 플로리다, 루이지애나, 미시시피, 앨라바마 등	바하마, 플로리다, 쿠바, 루이지애나, 미시시피, 텍사스 등	과테말라, 멕시코, 니카라과, 온두라스 등	멕시코, 플로리다, 쿠바, 온두라스 등

역에 발생한 주요 허리케인에 대하여 그 규모와 피해 정도를 소개하고자 한다. 이 기사는 인터넷 비영리기관인 "wikipedia" 자료를 주로 참고하였으며 일부 언론기사의 사진도 참고하였다.

2. 허리케인 카트리나(Katrina)

■ 카트리나의 경로 및 규모

카트리나는 금년 들어 이 지역의 11번째 열대성폭풍이며 4번째 허리케인의 이름이다. 카트리나는 8월 23일 바하마 주변에서 발생 당시 열대성 폭풍(tropical storm)으로 시작되어 24일 'Katrina'라는 이름이 붙여졌고, 25일에는 제4호 허리케인으로 등록되었다. 카트리나는 플로리다를 지나칠 때 만에도 1등급에 불과하였으나, 멕시코만의 더운 열기를 먹고 5등급까지 규모가 확대되었으며, 가장 피해가 컸던 뉴올리언스 지역에 상륙할 때는 4등급을 유지하였다. 카트리나의 진행경로와 위성사진은 아래와 같다.

■ 피해 현황

카트리나로 인하여 가장 피해를 크게 입은 지역은 루이지애나의 뉴올리언스 시이다. 뉴올리언스 시는 미시시피 강 델타 지역의 낮은 지형에 형성되어 시내 대부분이 해수면 보다 1.6m 이상 낮은, 둑으로 둘러

싸인 도시이다. 시의 남쪽은 미시시피 강이 흐르고 있고, 시의 북쪽에 폰차트레인 호수가 위치하고 있다. 이 번 허리케인으로 폭풍에 의한 파도(surge)가 운하의 두께 60cm 홍수벽을 넘었고, 월류수 세굴에 의해 벽의 기초부가 파헤쳐서 길이 60m 정도 벽이 무너져서 물이 넘친 것으로 조사되었다. 이 붕괴로 인하여 당시 해수면보다 2m이상 높았던 폰차트레인 호수(시의 북쪽에 위치)의 물이 해수면보다 1~3m 낮은 뉴올리언스의 북쪽 지역으로 유입하여 시까지는 최대 7.5m 깊이로 수몰되었다. 시내 제방의 붕괴는 세 지점에서 발생하였는데, 'Industrial Canal', '17th Street Canal', 'London Avenue Canal'의 제방 일부가 무너졌다. 그 중 가장 큰 피해를 준 것은 '17번가 운하' 제방이었다. 미공병단 대변인은 9월 4일 미공병단은 '17th Street Canal'의 터진 곳을 막고, 뉴올리언스 시를 잠기게 한 물을 퍼내는데 36~80일이 소요될 것이라고 보도하였다.

이번에 허리케인 카트리나로 피해를 본 지역은 남 플로리다, 뉴올리언스를 중심으로 하는 루이지애나, 미시시피, 앨라배마 등이다. 8월 31일 레이 내긴 뉴올리언스 시장과 루이지애나 주지사 캐트린 블랑코는 이번 허리케인으로 수천 명 이상이 죽었을 것으로 추정하였다. 9월 8일 기준으로 행방불명자는 20,000명 수준으로, 사망자가 최종 집계되면 미국 사상 최악의 자연재해로 기록될 가능성이 있었다. 그러나 당초 예

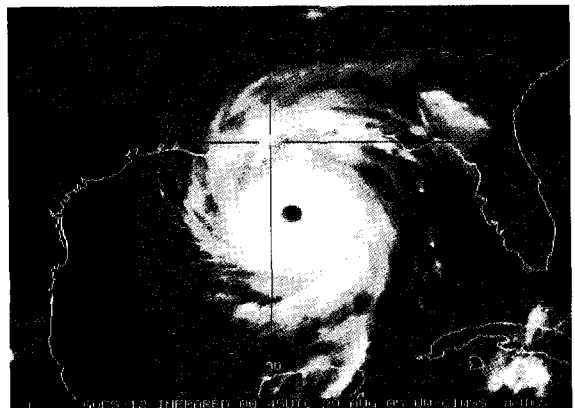
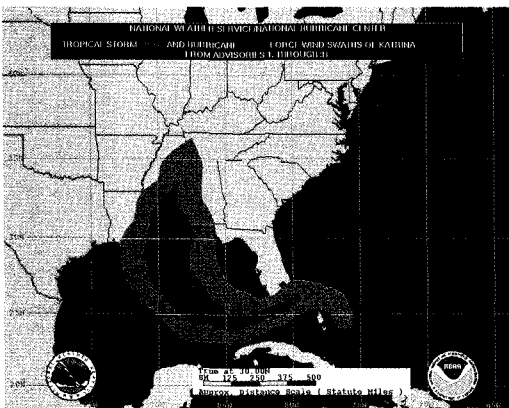


그림 1. 카트리나의 진행경로 및 위성사진

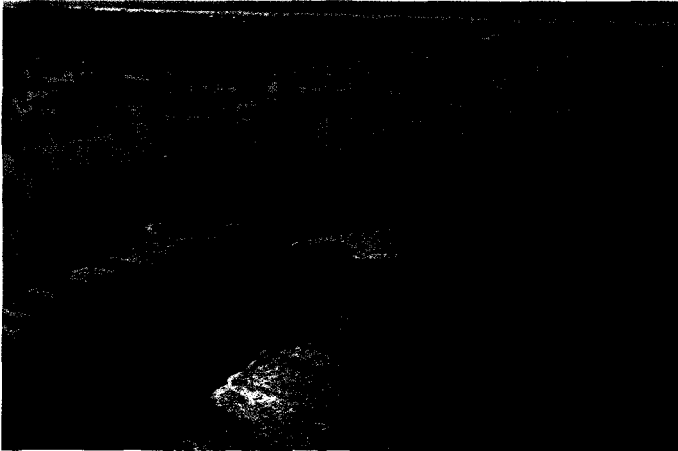


사진 1. 붕괴된 제방을 통하여 뉴올리언스 시로 물이 유입되는 전경(8/30)과 헬기를 이용한 제방 응급복구 전경

상과는 달리 최종 집계된 사망자는 1,242명이었다.

뉴올리언스 시는 세 군데의 제방이 무너져서 시의 80% 정도가 침수 되었으며, 심한 곳은 수심 7-8m 정도 침수되었다. 이번 허리케인으로 걸프 만의 석유 공급에 의한 피해를 제외하고도 1,000억불(100조원) 이상의 피해가 난 것으로 추정하고 있다. 보험 피해만도 125억불(12.5조원) 이상으로 추정되었다 (최종 피해규모는 2,000억불로 집계되었다).

■ 제방붕괴의 원인

월스트리트 저널의 9월 5일자 보도를 중앙일보가 인용한 것을 보면 이번 수해의 근본적인 원인으로 1) 뉴올리언스 인근 해안환경이 심각하게 파괴됐기 때문인데, 1969~89년의 20년간 상대적으로 허리케인이 잦아졌던 시기에 남부 해안지대가 마구잡이로 개발됨에 따라 바람, 해일 등을 막아주는 모래섬과 휴양림(삼나무, 층층나무) 등이 사라졌고, 또한 1930년 이후 제방과 운하를 잇따라 건설하면서 무려 5,000km²에 달하는 습지가 사라졌으며(습지는 그 자체로 중요한 방파제 역할을 함), 2) 강을 따라 둑이 건설되면서 미시시피 강에서 내려오는 토사의 길이 막혔고, 토사가 밀려서 뉴올리언스 시 앞 멕시코 만에 쌓여 자연 방파제가 되는 길도 막혔으며, 대신 토사가 뉴올리언스 주변에 쌓여 도시가 해수면보다 낮아지는 현상이 심화

됐으며, 3) 지구 온난화로 큰 원인이 되어 허리케인이 발생하는 건수는 늘어나지 않았지만 '70년대에 비해 허리케인의 강도가 3배로 늘었음을 지적하고 있다.

위와 같은 직, 간접적인 원인 이외에 가장 중요하게 거론되는 것은 뉴올리언스 시 자체가 미시시피 강 델타에 위치하여 제방 축조, 지하수 채취 등으로 제방을 포함한 도시 자체의 지반이 계속 침하되고 있기 때문에 항상 주변 하천과 호수로부터 홍수 위험이 매우 컸던 도시라는 점이다. 또한 뉴올리언스 시 제방 대부분이 3등급 허리케인에 대응하도록 설계되어 있어 그 동안 지속적인 보강 요청이 있었으나 예산 삭감 등으로 적시에 보강되지 못한 것이 이번 제방 붕괴의 직접적인 원인 중 하나라고 지적하고 있다.

3. 허리케인 리타(Rita)

■ 리타의 경로 및 규모

리타는 17번째 열대성폭풍이며 9번째 허리케인의 이름이다. 리타는 9월 18일 카이코스 제도 근처에서 발생 당시 열대성 폭풍으로 시작되어 20일 허리케인으로 상향되었다. 리타는 평균해수면도보다 0.5℃나 높은 멕시코의 걸프 만을 지나면서 에너지를 공급받아 규모가 5등급까지 상승하였다. 리타는 강한 바람

을 동반하였는데, 허리케인 조사원은 최고 풍속이 235mph(380km/h)를 기록하였다고 하였다. 리타의 진행경로와 위성사진은 아래와 같다.

■ 피해 현황

리타에 의한 피해는 당초의 예상보다는 크지 않았다. 폭풍해일은 2m 정도에 불과하였고 방파제는 이

를 충분히 견딜 수 있었다. 루이지애나의 일부 지역에는 4.5~6.1m의 폭풍해일이 발생하기도 하였다. 리타로 인하여 직간접적으로 113명이 사망하였고, 80억불의 재산피해가 발생하였다.

그러나 걸프 만에 밀집된 석유시추시설 및 정유시설에 대한 피해는 심각하였다. 이 지역에서 생산되는 석유는 미국 전체의 30%를 차지하고 있는데, 카트리

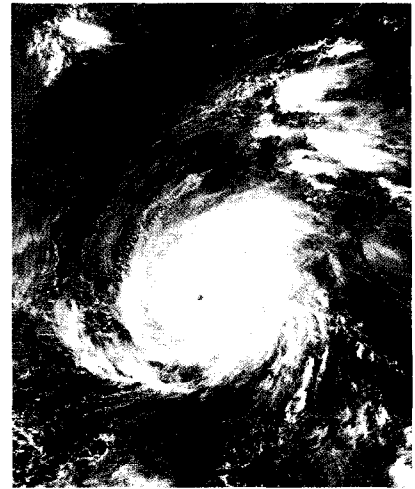
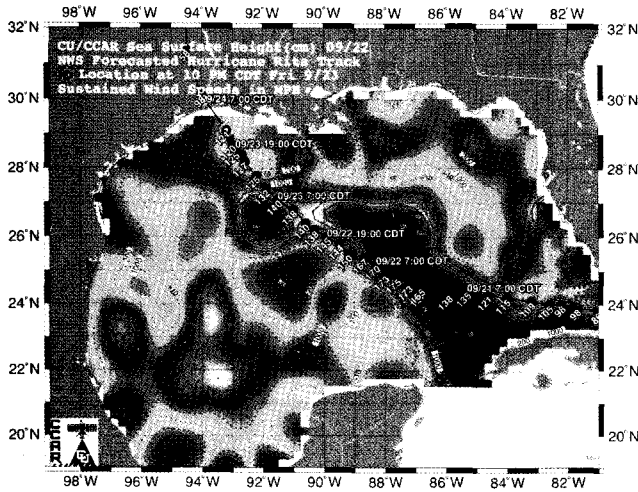


그림 2. 리타의 진행경로 및 위성사진



사진 2. 텍사스 휴스턴에서 허리케인을 피해 대피하는 차량 행렬

나와 리타로 인하여 생산에 차질을 빚게 되었다. 또한 대량의 실직자들이 발생하게 되어 미국 경계를 약화시키는 요인이 될 수 있음을 일부 경제학자들은 지적하고 있다.

4. 허리케인 스탠(Stan)

■ 스탠의 경로 및 규모

스탠은 18번째 열대성폭풍이며 10번째 허리케인의 이름이다. 스탠은 10월 2일 멕시코 유카탄 반도 지역에서 발생 당시 열대성 폭풍으로 시작되어, 4일에 멕시코 동부에 상륙할 때는 1등급의 허리케인이 되었다. 스탠은 500mm에 가까운 많은 비를 동반하여 중앙아메리카의 유카탄 반도지역에 홍수와 산사

태를 일으켰다. 스탠의 위성사진과 강우량 분포는 아래와 같다.

■ 피해 현황

중미 과테말라에서 가장 많은 피해가 발생하였다. 10만 7천여 명이 가옥이 파괴되어 갈 곳을 잃었으며, 파나바흐 마을 산사태 현장 주위에는 90m 길이의 일반인 접근 금지 방어벽이 설치되었고 산사태 매물 현장에서의 시신 발굴도 포기할 정도에 이르렀다. 과테말라 정부는 자체 수해 복구 재원이 부족하여 유엔에 2천 150만 달러의 긴급 원조금을 요청했으며, 미국을 비롯한 국제사회의 과테말라 구호지원이 쇄도하고 있다.

스탠으로 인한 이 지역의 총 피해규모는 아직 집계되고 있지 못하고 있다. 사상자도 1,153~2,500명 이상으로 추정할 뿐이다.

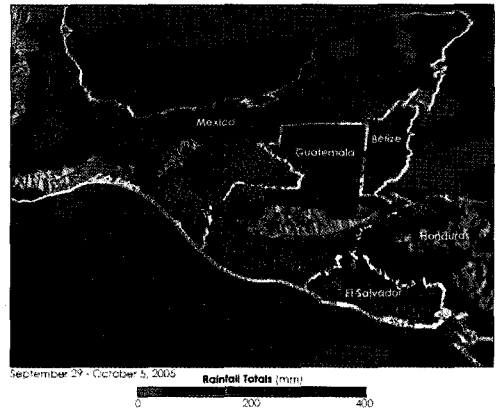
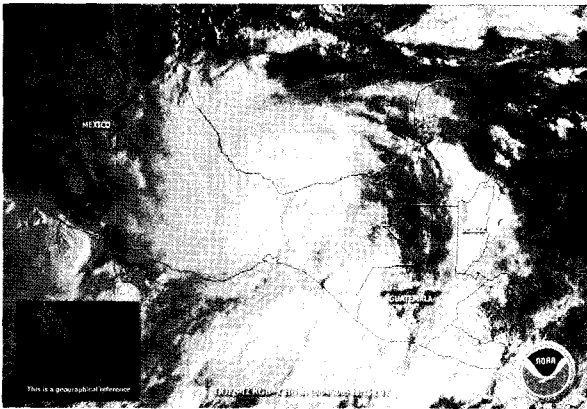


그림 3. 스탠의 진행경로 및 위성사진

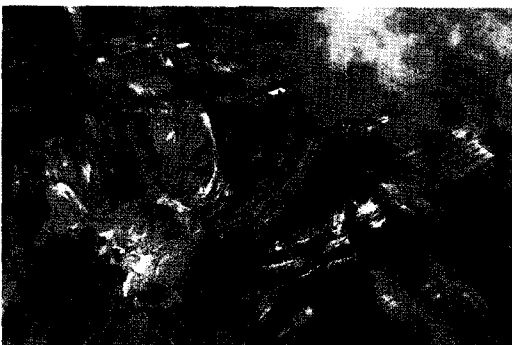


사진 3. 과테말라의 산사태 피해 전경(AP연합)

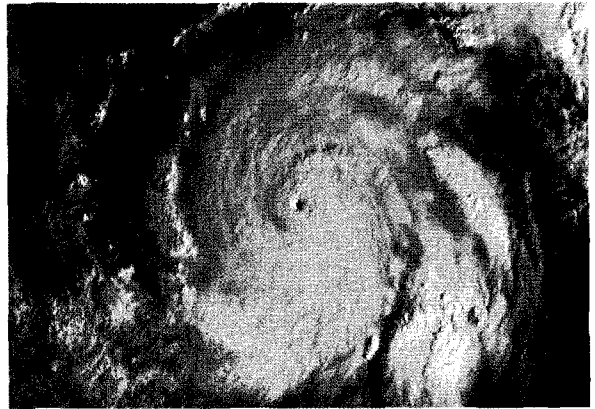
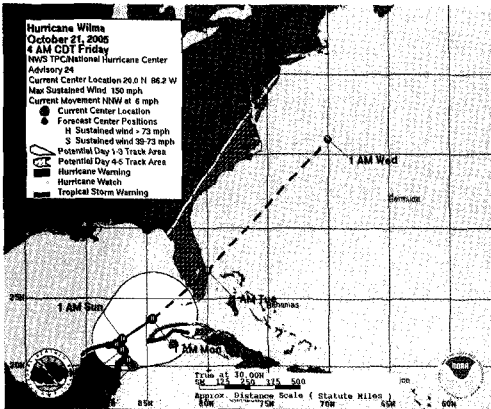


그림 4. 윌마의 진행경로 및 위성사진

5. 허리케인 윌마(Wilma)

■ 윌마의 경로 및 규모

윌마는 21번째 열대성폭풍이며 12번째 허리케인의 이름이다. 윌마는 10월 17일 열대성 폭풍으로 시작되어 급속히 세력이 커져서 18일에는 허리케인으로 격상되었고, 이 글을 쓰고 있는 오늘(10/26) 오전에는 5등급까지 상승하였다. 윌마의 진행경로와 위성사진은 아래와 같다.

■ 피해 현황

윌마는 현재 진행 중이기 때문에 최종 피해는 집계되어 있지 않다. 멕시코와 플로리다를 지나며 13명의 사상자가 발생하였고, 재산피해는 집계되지 않았다. 윌마의 경로가 미국 동부 해안의 대서양을 향하고 있기 때문에 큰 피해가 발생할 것으로는 예상되고 있지 않다.

6. 태풍(허리케인)은 증가하고 있는가?

최근 전 지구적으로 홍수, 가뭄, 지진 등의 자연재해가 자주 발생하고 그 규모도 과거의 기록을 계속 경신하고 있다. 특히, 잦은 홍수와 태풍(허리케인)의 발생은 지구온난화와 연관지어 얘기가 되고 있다. 과

연 지구온난화는 허리케인은 발생에 영향을 미치고 있는 것인가? 아니면 과거 기후의 자연적 변동 때문인가?

Goldenberg 등(2001)에 의하면, 1995년부터 2000년까지의 북대서양에서 발생한 허리케인의 횟수는 이전 24년(1971~1994)에 비하여 2배 이상이었으며, 여기에는 많은 복합적인 원인이 있는 것으로 알려져 있는데, 그중에서 북대서양의 해수면온도의 증가와 같이 분석하면 그 경향성을 파악할 수 있었다(그림 5 참조).

Trenberth(2005)는 1980년부터 2004년까지의 열대 대서양지역(10°N~20°N)과 온대 북대서양지역(30°N~65°N)의 평균해수면온도를 분석하였는데, 지난 35년간의 해수면온도가 증가추세에 있으며, 이는 지구온난화와 관련있다고 하였다. 한편, 폭풍의 활동성을 나타내는 지표인 ACE(Accumulated Cyclone Energy)에 의하면, 허리케인이 활동기인지 잠복기인지 가늠할 수 있는 것으로 분석되었다. 그러나 이와 같은 노력에도 불구하고 기후변화가 허리케인의 수 또는 경로에 영향을 미친다는 결론을 내리기에에는 이론적 토대가 약하며, 허리케인의 형성에 영향을 미치는 엘니뇨나 다른 요인이 지구온난화에 의해 어떻게 변하는지 설명하기는 아직 가능하지 않다고 하였다.

허리케인 발생지역에서 인간의 영향에 의하여 환

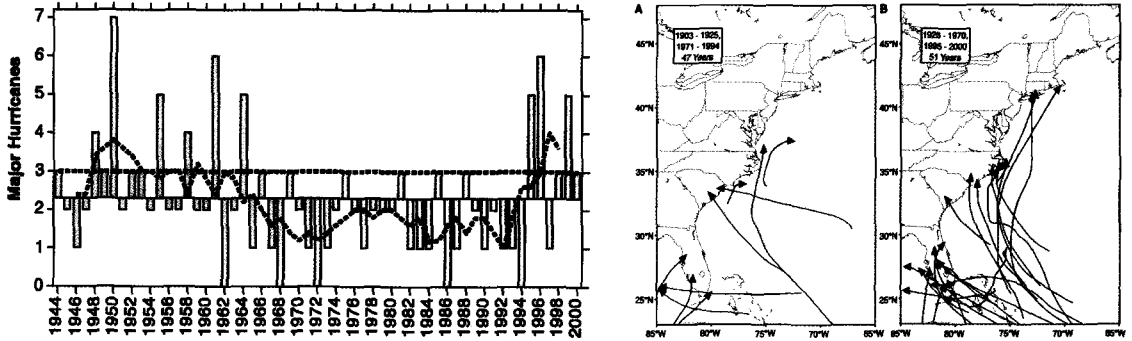


그림 5. 북대서양에서 발생한 주요 허리케인의 기록 및 경로

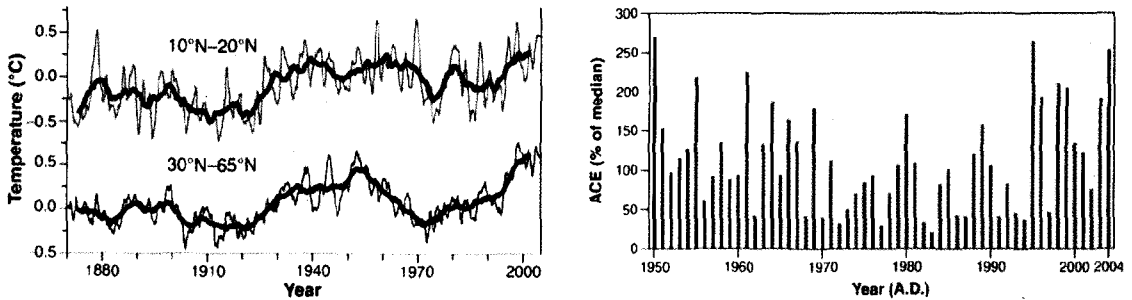


그림 6. 해수면온도의 변화 및 ACE(Accumulated Cyclone Energy)

표 2. 허리케인 등급(새피어-심슨 기준)

등급	1	2	3	4	5
풍속 (km/hr)	119-153	154-177	178-209	210-249	249 이상
폭풍 해일 (m)	1.2-1.5	1.8-2.4	2.7-3.6	3.9-5.4	5.4 이상
최근 발생년	2002, 2004	2003, 2004	2004	2004, 2005	1988, 1992

표 3. 역대 최대 규모의 허리케인

대서양				미국상륙 시			
순위	허리케인	발생년도	최저기압(hPa)	순위	허리케인	발생년도	최저기압(hPa)
1	Wilma	2005	882	1	Labor Day	1935	892
2	Gilbert	1988	888	2	Camille	1969	909
3	Labor Day	1935	892	3	Katrina	2005	918
4	Rita	2005	897	4	Andrew	1992	922
5	Allen	1980	899	5	Indianola	1886	925
6	Katrina	2005	902	6	Florida Keys	1919	927
7	Camille	1969	905	7	Okeechobee	1928	929
7	Mitch	1998	905	8	Donna	1960	930
9	Ivan	2004	910	9	New Orleans	1915	931
10	Janet	1955	914	9	Carla	1961	931

경이 변하는 경향은 분명하다. 이러한 변화는 허리케인의 강도와 강우량에 영향을 미칠 것으로 예상되지만, 허리케인의 발생 수에 대해서는 명확하지 않다. 가장 중요한 과학적 질문은 허리케인의 발생 수나 경로가 아니라 허리케인이 어떻게 변해 가느냐 하는 것이다(그림 6 참조).

참고문헌

- 우효섭, 김현준(2005). “2005년 8월 미국 걸프 만을 강타한 허리케인 카트리나(Katrina)의 발생과 피해 현황.” 대한토목학회지, 제53권 9호, pp. 72-78.
- Goldenberg S. B. et al.(2001). “The recent increase in Atlantic Hurricane activity: causes and implications.” Science, Vol. 293, Issue 5529, pp. 474-479.
- Trenverth K.(2005). “Uncertainty in Hurricanes and global warming.” Science, Vol. 308, Issue 5729, pp 1753-1754.
- wikipedia, Effect of Hurricane Katrina on New Orleans(2005). access, <http://en.wikipedia.org>
- wikipedia, Hurricane Katrina, 2005. 10. 14 access, <http://en.wikipedia.org>
- wikipedia, Hurricane Rita, 2005. 10. 14 access, <http://en.wikipedia.org>
- wikipedia, Hurricane Stan, 2005. 10. 14 access, <http://en.wikipedia.org>
- wikipedia, Hurricane Wilma, 2005. 10. 26 access, <http://en.wikipedia.org>