

Disaster Status Management Information

제8호

재난상황관리 정보

해일(海溢, overflowing of sea, surge)



소방방재청
재난상황실

해수면이 비정상적으로 높아져 해안가로 넘쳐 들어오는 현상을 해일이라고 한다. 이번 호에서는 이러한 해일의 종류와 원인을 알아보고 특히, 최근 기상청에서 발표한 기상해일에 대하여도 살펴본다.

해 일(海溢, overflowing of sea, surge)

1. 해일이란?	3
2. 어떤 해일이 있는가?	3
가. 폭풍해일	3
나. 지진해일	4
다. 기상해일	7
3. 해일 특보 기준	8
가. 폭풍해일	9
나. 지진해일	11
다. 기상해일	14
4. 시사점 및 주요피해 사례	15
5. 국민행동요령	18
(요약) 해일의 종류와 특성 비교	20

해 일(海溢, overflowing of sea, surge)

1 해일이란?

폭풍이나 지진, 화산 폭발 등에 의하여 해수면이 비정상적으로 높아져 해안으로 넘쳐 들어오는 현상을 해일(海溢, overflowing of sea, surge)이라고 한다. 이러한 해일은 밀물과 썰물이 주기적으로 반복되는 조석과는 달리 해수면의 높이가 어떤 원인에 의해 갑자기 크게 변하는 현상이다.

2 어떤 해일이 있는가?

가. 폭풍해일

폭풍해일(暴風海溢, storm surge)은 태풍, 허리케인 등과 같은 열대 저기압이나 대규모 온대성 저기압 등에 동반되는 강풍과 기압의 급격한 변동으로 인해 해수면의 높이가 평상시보다 급격하게 높아지는 현상을 말한다.

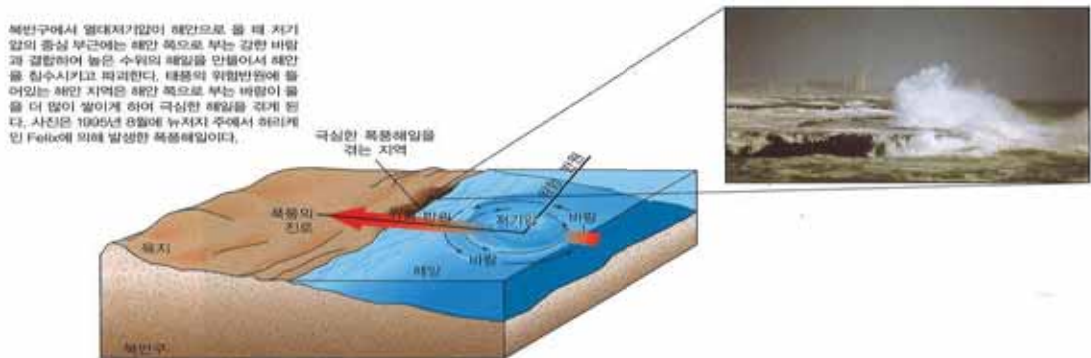


그림 1. 폭풍해일의 발생원리

그림 1은 태풍이 해양에서 발생할 때 저기압의 중심 부근에 물 언덕이 만들어지면서 태풍이 이동할 때 같이 움직인다. 물 언덕은 해수면으로부터 약 12m까지 높아질 수 있으며, 수심이 낮은 해안에서 급격히 높아지고 커다란 폭풍파를 일으켜 해안 저지대에 큰 피해를 준다. 특히 만조시에 태풍의 위험반원 내에 속하면 해안 쪽으로 부는 바람에 의해 폭풍파가 더욱 발달하여 더욱 강한 폭풍 해일을 일으킨다.

폭풍해일은 기압과 강풍에 의해 발생하며, 이때 기압은 해수를 끌어올리는 작용을 한다. 대기압 1hpa은 물을 약 1cm의 높이만큼 누르는 힘으로, 만약 태풍의 중심기압이 수위보다 40hpa 정도 낮으면 태풍 중심 부근의 해수면은 40cm 정도 높아지게 된다. 또한, 강풍은 해수를 밀어 해수면을 높이는 작용을 한다. 특히 만조시 해일이 발생하면 해수면은 더욱 높아지고, 수심이 얇은 해안에서 폭풍해일이 발생하기 쉽다.

폭풍이나 강한 저기압에 의하여 해수면이 평균 해면에서 돔(dome) 형태로 부풀어 오르면, 이 해수의 돔이 폭풍과 함께 수심이 얇은 해안으로 접근하면서 점점 더 높아지게 된다. 따라서 폭풍으로 인해 큰 해파가 발생하여 바닷물이 해안 저지대로 넘쳐 들어오게 된다.

일반적으로 해안은 자연 모래밭과 제방이 설치되어 있어 안전한 상태이지만, 폭풍해일이 발생하면 해수면이 상승하여 해수가 방파제를 넘을 수 있으며, 대규모로 발생할 경우에는 방파제가 붕괴되는 등 막대한 피해가 발생할 수 있다.

나. 지진해일

지진해일(地震海溢)은 해저 단층대를 따라 해수가 급격하게 이동할 때 형성되는 긴 파장의 천해파¹⁾로, 쓰나미(tsunami) 또는 지진해파(地震海波, seismic sea waves)라고도 한다. 즉, 지진해일은 해저에서 지진, 해저화산 폭발, 단층운동 및 빙하의 붕괴 등이 발생할 때 일어나는 해일이다.

쓰나미의 어원

- 쓰나미(津波, Tsunami)는 ‘지진해일’을 뜻하는 일본어이다. 해안(津:진)을 뜻하는 일본어 ‘쓰(tsu)’와 파도(波:파)의 ‘나미(nami)’가 합쳐진 ‘항구의 파도’란 말로 선착장에 파도가 밀려온다는 의미이며, 일본에서는 1930년경부터 사용되기 시작하였다.
- 그러던 중 1946년 태평양 주변에서 일어난 알류산열도 지진 해일이 당시로서는 자연재해 사상 최대 규모의 희생자를 내자 세계 주요언론들이 ‘지진과 해일’을 일컫는 ‘쓰나미(tsunami)’라는 일본어를 사용하기 시작했다. 그리고 1963년에 열린 국제과학회의에서 ‘쓰나미’가 국제 용어로 공식 채택됐다.

지진해일은 주로 두가지 원인에 의해 발생한다. 첫 번째 원인으로서는 해저 단층에 의한 지진해일로 대양저 단층에서 지각과 함께 해구가 요동할 때 일어난다. 해저 단층에 의하여 들어 올려진 해수면은 해파의 마루²⁾가 되고, 마루가 중력으로 다시 아래로

1) 천해파(shallow water wave) : 파장이 수심에 비해 큰 파를 천해파 또는 장파라고도 한다.

2) 마루(Crest) : 물결에서 가장 높은 곳

끌어당겨질 때는 해수의 관성으로 원래의 위치보다 더 아래로 내려가 해파의 꼴을 이루게 된다. 이렇게 진동하는 해수면은 진앙으로부터 사방으로 퍼져나가는 진행파를 형성하는데, 이때 해수면 변동에 의해 지진 해일이 발생한다.

두 번째 원인은 해저 사태에 의한 지진 해일이다. 해저 단층에 의한 지진해일에 비하여 발생하는 에너지가 적으나, 지진해일이 발생 지점 부근 해안에서는 인명이나 시설에 대한 피해가 발생할 수 있으며, 특히 만과 같이 제한된 해역에서는 매우 위험할 수 있다.

알고 넘어가기

Q. 모든 지진은 지진해일을 발생시킨다?

A. 그렇지 않다. 다음 조건을 만족시키는 경우 지진해일을 발생시킨다.

1. 일반적으로 수직으로 운동하는 지진의 규모가 7.0 이상의 지진일 때 발생한다.
2. 해양의 깊이가 1km가 넘어야 발생한다.
3. 넓은 지역에 걸쳐 단층이 움직인 거리 등으로 해저의 수직 운동이 일어나야 한다.

발생 특징은 해저에서 일어나는 지각변동으로 해수가 상하로 진동하고, 그것이 대규모의 파동(波動)이 되어 외부로 퍼지게 되는데 이때의 파동은 심해에서의 파장과 비교하여 파고(波高)가 작아 눈에 잘 띄지 않지만, 해안 근처의 얕은 곳에서는 갑자기 커져서 해안을 내습하여 큰 피해를 입힌다. 특히, 리아스식해안에서는 이 경향이 뚜렷하다.

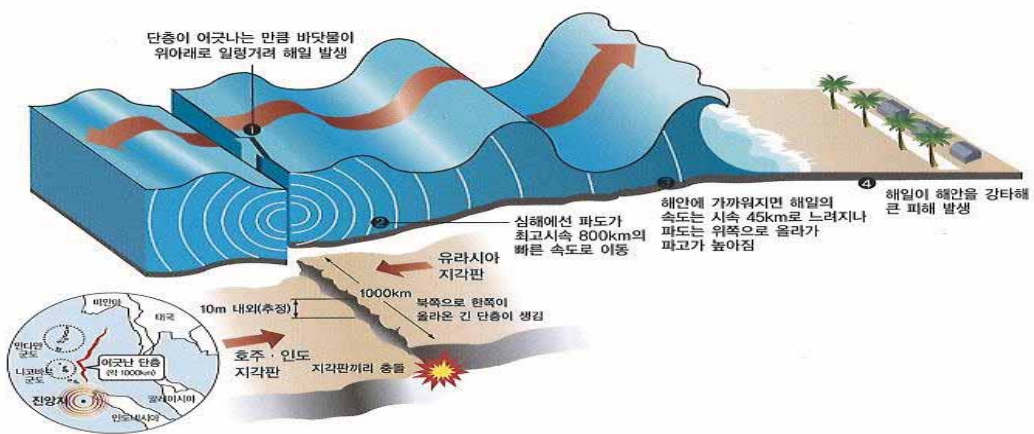


그림 2. 해저 단층에서 의한 지진해일의 발생 원리

지진해일의 발생지역을 살펴보면 태평양에서는 수백 차례의 지진해일이 발생하였으며, 이 중 일본에서 발생빈도가 가장 높고 그 다음이 인도네시아이다. 태평양에서의 지진해일 주요 발생 지역은 남미, 캐스캐디아 주변 지역, 알래스카, 알류산, 태평양 북서부 지역 등이다.



1960년 5월 22일 칠레에서 발생한 규모 9.5의 지진에 따른 지진해일은 현대에 관측된 가장 큰 지진에 의해 발생한 지진해일로 기록되고 있다. 이 지진해일을 계기로 1965년 태평양 지진해일 경보 시스템이 구축되었다.

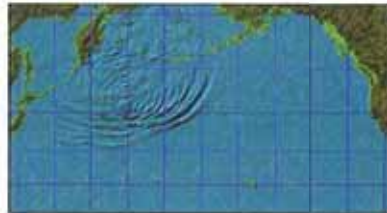
그림 3. 지진해일 주요 발생 지역 (출처 : 국립기상연구소)

지진 해일의 속도와 진행

- 지진 해일의 속도는 해파의 진행 속도가 950km/h, 파장이 200km에 이를 만큼 속도가 빠르고 길이가 긴 파장으로서, 대양에서는 물결의 높이가 그리 높지 않아 눈에 잘 띄지 않으나 해안에 접근하면서 해수가 수m에서 수십m 까지 급속하게 쌓이게 된다. 지진 해일은 심해파가 아닌 천해파인데, 그 까닭은 자신의 파장 절반 이상에 해당하는 깊은 수심을 만날 수 없기 때문이다. 파장이 200km이면 파장의 1/2파장이라도 100km인데, 가장 깊은 수심이라도 11km를 넘지 않으므로 지구상 어느 해역에서도 지진 해일의 1/2파장보다 깊은 수심을 만날 수가 없다.
- 지진 해일이 처음 발생했을 때는 물결의 높이가 높지 않고, 그 주기도 5~20분으로 비교적 길기 때문에 바다에서 지진 해일이 선박 아래를 통과해도 거의 느끼지 못한다. 그러나 지진 해일이 해안으로 접근하면 상황이 달라지는데, 주기는 그대로이지만 진행 속도는 감소하고 물결의 높이는 매우 높아진다. 지진 해일의 마루가 해안으로 접근할 때는 크고 빠른 밀물이 밀려오는 것처럼 보인다. 또한, 지진 해일의 에너지는 발생지로부터 밖으로 원을 그리며 퍼져 나가는데, 발생지로부터 가까운 곳에서는 지진 해일의 에너지가 아직 많이 감쇄되지 않은 상태이기 때문에 물결의 높이가 높다.



안드레아노프 섬 부근에서 발생한 지진 해일 (1996년 6월 10일)



칸차카 만도 부근에서 발생한 지진 해일 (1997년 12월 5일)

다. 기상해일

기상청에서는 기상해일(氣象海溢)이라는 용어를 최근부터 사용하였는데, 일반적으로 기상해일은 먼바다에서 시작된 파랑이 연안 가까이 도달하면서 해저지형 등의 영향을 받아 돌발적으로 발생하며 이상파랑이라는 용어로 불리기도 한다.

기상해일의 유래

- 이 현상은 일본에서는 ‘아바키(Abiki)’, 스페인에서는 ‘리싸가(Rissaga)’, 이탈리아 에서는 ‘마루비오(Marrubio)’, 몰타에서는 ‘밀구바(Milghuba)’라는 이름으로 각각 불리며 오래전부터 연구가 진행되어 왔음. 이중 아바키는 아미비키(Amiboko)에서 유래 되었는데 사전적으로 그물(ami)을 끌고가는 것(biki)을 의미한다.
- 2007년 법성포와 2008년 보령에서 인명피해가 난 이후 우리나라에서도 기상청과 해안공학 전문가들에 의해 이상파랑에 대한 연구가 시작되었지만 아직까진 그 원인이 명확하게 밝혀지지 않았고, 용어도 뚜렷하게 정의되지 않아서 ‘이상파랑’, ‘큰 부진동(Large Seivhing)’, ‘괴파도’ 등으로 불리고 있는 등 지역마다 불리는 용어가 달라서 혼란이 있다.
- 이상파랑의 발생원인의 특징은 기상학적인 요인으로 대부분 비슷하므로 최근 전 세계적으로 사용가능하고 물리학적인 의미가 포함된 ‘기상쓰나미 혹은 기상해일(Meterological tsunami, Meteotsunami)’란 용어로 많이 사용되고 있다.
- 기상청에서는 기상해일(Meteotsunami)로 정의하여 발표했다.(2014.2.24.)

기상해일은 최근 국내에서도 주목을 받고 있는 갑작스런 해수면의 큰 진동으로 인한 해안범람이 특징이며, 기후변화와 관련하여 발생한 문제가 아니라 이미 오래전부터 전 세계에 걸쳐 일어나고 있는 현상이다. 먼 바다에서 시작된 파랑이 연안 가까이 도달하면서 해저지형 등의 영향을 받아 돌발적으로 발생하며, 주요 원인은 대기압의 급격한 변화(기압점프)가 발생하여, 해양 장파와 공명을 일으켜 해안가에 도달하면서 이상파랑으로 나타나게 된다.

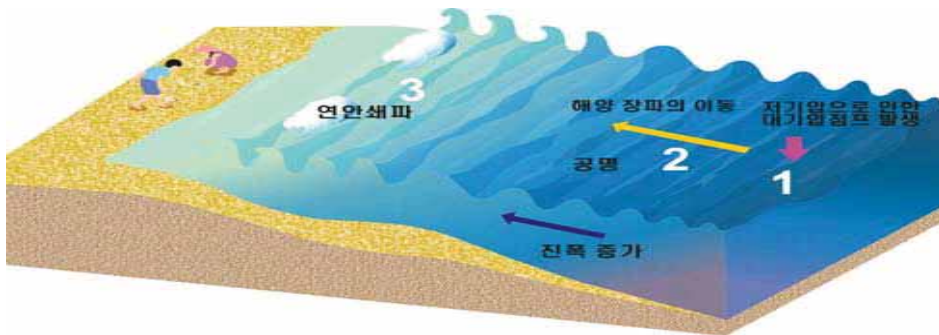


그림 4. 기상해일의 발생 원리

주로 발생지역은 우리나라 서해안에서 3월부터 5월 사이에 저기압이 빠르게 진행할 때 발생되며, 이동하는 경로에 수심이 갑자기 얕아지는 지형이 나타나면 전파되는 에너지가 축적되어 파도가 커지고, 이는 갑작스런 사고의 원인이 된다.

기상해일과 지진해일의 유사점과 차이점

- 기상해일은 지진해일과 많은 부분에서 비슷한 점을 갖고 있다. 실제 해안에서 관측되는 해수면의 진동도 비슷하고, 주기가 긴 특징을 보이며 파가 해안에 도달하는 과정에서 보이는 동역학적 프로세스와 해안에 피해를 주는 방법에도 차이가 없다.
- 하지만, 기상해일은 수 시간 이상 지속되는 공진현상* 때문에 발생하는 반면, 지진해일은 지진, 산사태, 화산활동처럼 초단위나 분단위의 ‘순간적인 충격’에 의해 발생된다. 지진해일은 초기단계부터 큰 에너지를 갖고 있기 때문에 공진이 없어도 해안에 큰 피해를 줄 수 있지만, 기상해일은 반드시 여러 공진 조건이 맞아야만 파괴적인 파를 가지게 된다. 또한, 지진해일은 매우 드물게 발생하지만 기상해일은 공진 조건이 잘 맞는 해안이나 만에서는 빈번하게 일어날 수 있다는 차이점이 있다.

*** 공진현상 : 주기가 진동이 유사하게 반복되면 작은 힘으로도 큰 진폭을 발생하는 현상**

3 해일 특보 기준

해일은 조석과 같은 주기적 현상이 아니므로 예측하기가 어렵지만 우리나라에서는 관련 관측자료 등에 근거하여 해일 특보를 발표하여 피해를 최소화 할 수 있다.

[표 1] 해일 특보 변천사

(자료제공 : 기상청)

개정일자	종 류	주 의 보	경 보	비 고
1967년 11월	해일 주의보 및 경보	태풍 해저 지진 기타 원인으로 인하여 해안 지대가 침수되어 피해가 예상될 때	태풍 해저 지진 기타 원인으로 인하여 해안 지대가 침수되어 상당한 피해가 예상될 때	
1983년 12월	해 일	해저지진 또는 기타 원인으로 인하여 해안 지대의 침수가 예상될 때	해저지진 또는 기타 원인으로 인하여 해안 지대의 상당한 침수가 예상될 때	
1993년 9월	해일	폭풍 해일 저기압 등의 원인으로 해안지대에 침수가 예상될 때	저기압 등의 원인으로 해안지대에 상당한 침수가 예상될 때	원인별 세분화
	지진 해일	해일을 일으킬 수 있는 대규모 지진이 주변 해역에서 발생할 때	대규모 해저지진에 의한 해일이 발생하여 해안지대의 침수 피해가 우려될 때	
1998년 7월	해일	폭풍 해일 폭풍, 저기압 등의 영향으로 해안지대에 침수가 예상될 때	폭풍, 저기압 등의 영향으로 해안지대의 상당한 침수가 예상될 때	고 조해일 추가
	고조 해일	천문조와 기상조의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 해안지대의 침수가 예상될 때	천문조와 기상조의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 해안지대의 상당한 침수가 예상될 때	
2004년 6월	해일	지진 해일 대규모 해저지진에 의한 해일의 발생이 우려될 때	대규모 해저지진에 의한 해일이 발생하여 해안지대의 침수가 예상될 때	폭풍 해일 통합
	폭풍 해일	천문조, 태풍, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만 발효기준값은 지역별로 별도지정	천문조, 태풍, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도 지정	
2005년 9월	해일	폭풍 해일 동일	동일	지진해일 규모 도입
	지진 해일	한반도 주변해역 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 해일의 발생이 우려될 때	한반도 주변해역 등에서 규모 7.5 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라에 지진해일 피해가 예상될 때	
2010년 11월	해일	폭풍 해일 동일	동일	규모 변경
	지진 해일	한반도의 주변해역 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일파고 0.5-1.0m 미만의 지진해일 내습이 예상될 때	한반도의 주변해역 등에서 규모 7.0 이상의 해저지진이 발생하여 우리나라 해안가에 해일파고 1.0m 이상의 지진해일 내습이 예상될 때	
2012년 6월	해일	폭풍 해일 천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만 발효기준값은 지역별로 별도지정	천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효기준값 이상이 예상될 때. 다만, 발효기준값은 지역별로 별도지정	태풍 삭제

가. 폭풍해일

천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 지역별 발효기준 이상일 때 폭풍해일 주의보와 경보로 구분하여 기상청에서 발표한다.

폭풍해일 주의보는 해수면의 상승 유무 및 정도에 대하여 주의를 환기시키기 위한 예보로서, 해안 지대의 침수가 예상될 때 발표 한다. 폭풍해일 경보는 해수면의 상승에 의해 중대한 재해가 발생할 염려가 있음을 경고하기 위한 예보로서, 해안 지대에 상당한 침수가 예상될 때 발표 한다.

[표 2] 폭풍해일 특보의 발효기준 (출처 : 기상청 예보업무규정)

시·군명	검조소명 (국립해양조사원)	기준값(cm)	
		주의보	경보
서해5도	대청도	457	472
김포시	인천	994	1010
인천광역시			
강화군			
시흥시	안산	940	960
안산시			
화성시	평택	1010	1030
평택시	대산	921	941
당진군			
서산시	안흥	769	789
태안군	보령	844	864
홍성군			
보령시	장항	808	828
서천군	군산외항	790	810
군산시			
김제시			
부안군	영광	770	790
고창군	영광	770	790
영광군	목포	520	540
함평군			
무안군			
신안군 (흑산면제외)			
목포시	진도	447	467
영암군			
진도군	대흑산도	430	450
흑산도·홍도			
해남군	완도	460	480
완도군			
강진군			
장흥군			
고흥군	고흥	421	441
보성군			
여수시	여수	420	440
순천시			
광양시			

시·군명	검조소명 (국립해양조사원)	기준값(cm)	
		주의보	경보
하동군	여수	420	440
남해군			
사천시	통영	320	370
고성군			
통영시			
거제시	거제	231	281
창원시	마산	240	290
부산광역시	부산	160	210
울산광역시	울산	120	170
경주시	포항	100	150
포항시			
영덕군	후포	80	130
울진군			
삼척시	묵호	80	130
동해시			
강릉시			
양양군	속초	80	130
고성군			
속초시			
울릉도·독도	울릉도	80	130
제주도북부	제주	318	328
제주도동부	성산포	296	306
제주도서부	모슬포	324	334
제주도남부	서귀포	346	356

최근 10년간 ('04~'13) 폭풍해일 특보 발효현황을 살펴보면, 표 3에서 나타난 바와 같이 폭풍해일 특보는 총 35회가 발령되었으며, 월별 분포로는 8월에 21회 60%로 가장 많이 발생하였고, 7월은 7회 20%, 6월은 4회 11%로 나타났다.

이외에도 태풍의 영향으로 폭풍해일 발령기준을 초과한 경우, 폭풍해일 특보가 아닌 태풍특보가 발령되고 있는 바, 실제 폭풍해일 발령기준을 초과한 횟수는 이보다 더 많다고 할 수 있다.

[표 3] '04~'13 기상특보(태풍, 폭풍해일) 현황

(출처 : 기상청)

구분	계(회)	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
태풍	450	0	0	0	0	0	14	89	140	184	23	0	0
해일	35	0	0	0	0	0	4	7	21	3	0	0	0

나. 지진해일

우리나라의 지진해일 위험성을 살펴보면 삼면이 바다로 둘러싸여 있고 지진 다발지역인 일본과 가까워 결코 쓰나미로부터 자유로울 수 없는 곳이다. 만약 일본의 북서 근해에서 지진이 발생한다면 1시간에서 1시간 30분 후 우리나라 동해에 영향을 미치기 시작한다.

1983년 일본 아키다 지진(규모7.7)은 우리나라에서 지진해일에 대한 관심을 고조시키는 계기가 되었고, 1993년 9월 7일 최초로 지진해일 특보 발령기준 도입하였다.

지진해일 특보는 한반도 주변해역 규모 7.0 이상의 해저지진 발생시에 발령되며, 지진해일 주의보는 예상파고 0.5m~1.0m 일 때 발령하고, 지진해일 경보는 예상파고가 1.0m 이상일 때 발령 한다.

기상청에서 발표한 지진해일 특보 사례는 2005년 3월 일본 후쿠오카에서 규모 7.0의 해저지진이 발생하여 우리나라 남해안, 동해안 및 제주도 일대에 지진해일 주의보를 발령 한 바 있다.

기상청에서는 국가지진정보시스템에서 분석된 정보를 그림 5와 같이 지진통보시스템에서 넘겨받아 지진 통보문을 자동으로 생성하여 팩스, 문자메시지(SMS, MMS), 이메일 등을 소방방재청, 지방자치단체 등 방재 관련기관에 지진정보를 전달하고 있다.

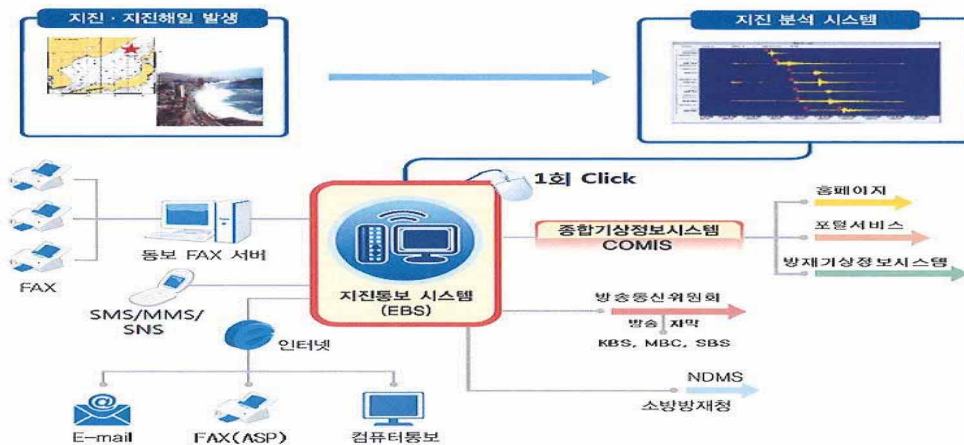


그림 5. 기상청 지진통보시스템 개요

소방방재청은 동일본 대지진(11.3월) 2주년을 맞아 그림 6과 같이 지진해일 대응 시스템을 개발하여 한반도 주변 해역 전역에서 발생한 어떠한 지진에 대해서도 10

분내에 지진해일의 파도높이, 도달시간 뿐만 아니라 실시간 침수지역까지 예측하여 신속한 주민대피 등에 활용하고 있다.



그림 6. 지진해일 대응시스템 전개도

또한, 그림 7과 같이 민방위 경보시스템을 활용하여 지진해일 경보를 실시하는데 해안지역의 지진해일 발생으로부터 주민의 생명과 재산을 보호하기 위하여 지진해일 발생상황을 신속히 통보한다. 우리나라에는 현재 8개 시·도, 33개 시·군·구에 통제장비 27식, 경보 단말장비 316식이 설치된 상태이다.

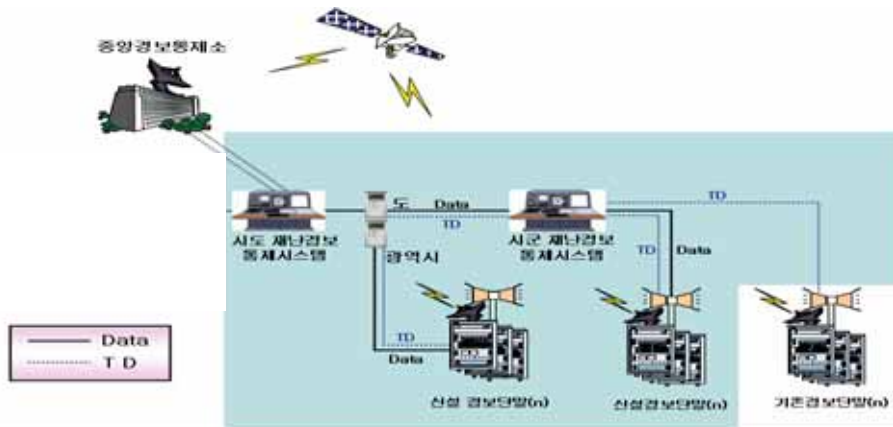


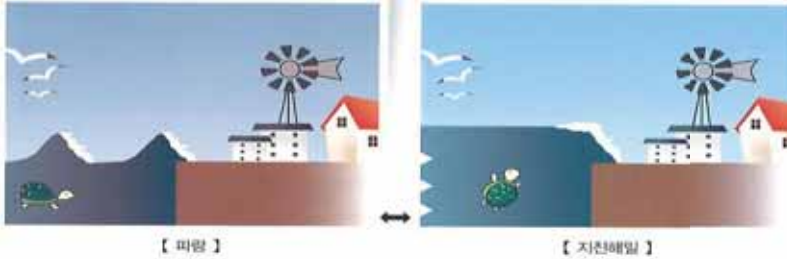
그림 7. 지진해일 경보시스템 전개도

시도	지진해일 경보 현황	시도	지진해일 경보 현황
부산	통제장비(시1)/ 경보단말 55식 중구(1), 서구(3), 동구(1), 영도(8), 남구(5), 사하(7), 강서(9), 수영(3), 해운대(8), 기장(10)	울산	통제장비(시1)/ 경보단말 17식 북구(5), 동구(4), 남구(2), 울주(6)
강원	통제장비(도1, 시군6)/ 경보단말 97식 강릉(20), 동해(16), 속초(8), 삼척(26), 고성(14), 양양(13)	충남	통제장비(도1, 군1)/ 경보단말 2식 보령(2)
경북	통제장비(도1, 시군5)/ 경보단말 79식 포항(23), 경주(8), 영덕(13), 울진(27), 울릉(8)	전남	통제장비(도1, 시군3)/ 경보단말10식 여수(4), 고흥(3), 완도(3)
경남	통제장비(도1, 시군4)/ 경보단말 28식 통영(8), 거제(6), 남해(5), 창원(7), 사천(2)	제주	통제장비(도1)/ 경보단말 28식 제주(17), 서귀포(11)

지진해일과 풍랑의 차이점

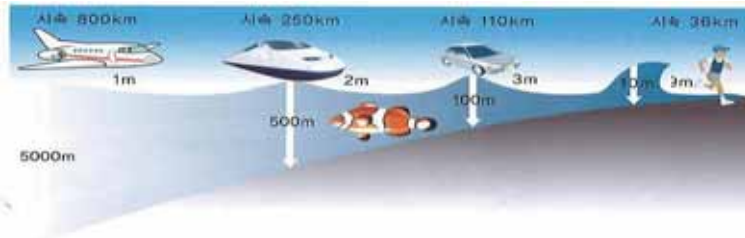
<지진해일과 풍랑의 발생 원리>

- 지진해일과 풍랑은 모두 해수의 진동에 의해 전해지는 파동 현상이며, 장애물에 대해서 반사하거나 회절하는 특성이나 얇은 수심에서의 움직임은 거의 비슷하다. 그러나 크게 다른 부분은 풍랑은 해상에서 부는 바람에 의해 발생한 해수 표면의 움직임이며, 지진해일은 해저 지반의 상하 운동으로 해수 전체가 움직이는 현상이다.
- 또한, 지진해일의 에너지는 풍랑과 비교할 수 없을 정도로 막대한 파괴력을 가진다.



<지진해일의 풍랑의 파장>

- 파장이란 파의 꼭대기(Peak)로부터 다음 파의 꼭대기까지의 길이를 말한다. 풍랑의 파장은 수 미터에서 수백 미터에 이르지만, 지진해일의 파장은 수 킬로미터에서 수백 킬로미터에 이를 정도로 매우 길다. 이 때문에 깊은 바다에서는 지진해일의 속도가 빠르고, 얇은 바다에서는 속도가 느려지지만 해일의 파고는 높아지는 특징을 가진다.



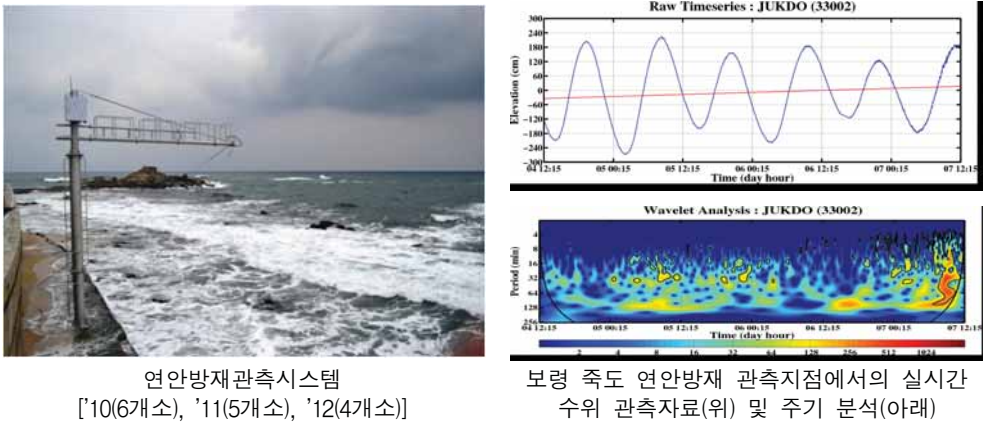
【 지진해일의 파고와 속도 】

지진해일에 관한 일반 상식

- 일본 서해안의 지진대에서 규모 7.0 이상의 지진이 보고되면, 일반적으로 약 1~2시간 이내에 동해안에 지진해일이 도달하게 된다.
 - 지진해일 도달 가능 영역은 동해안 전역이고, 파고 3~4m 정도의 지진해일이 내습할 수 있다.
 - 지진해일은 물이 빠지는 것으로 시작되는 경우도 있고, 이 때 항 바닥이 드러나기도 한다.
 - 지진해일은 일반적으로 여러 번 도달하는데 제 1파보다 2, 3파의 크기가 더 큰 경우도 있고, 지진해일에 의한 해면의 진동은 10시간 이상 지속되기도 한다.
 - 지진해일 내습 속도는 사람의 움직임보다 빠르고, 그 힘이 강력하여 약 30cm 정도의 해일파고라도 성인이 걷기 어려우며, 약 1m 정도의 해일이라면 건물이 파괴될 수 있으며, 이로 인해 인명피해가 발생할 수 있다.
 - 해안가의 선박 등 다른 물건들이 지진해일에 의해 육지로 운반되어 주택에 충돌하는 경우도 있고, 이러한 물체들이 유류탱크 등에 충돌하여 화재가 발생할 수도 있다.
 - 지진해일은 바다로 통해 있는 하천을 따라 역상하기도 한다.
- ※ 해안가 주민들은 항상 지진해일에 대한 관심을 가져야 하고, 현상을 잘 이해하는 것이 중요하다.

다. 기상해일

기상해일 특보기준은 없으나, 기상청에서 기상정보를 관계기관 및 방송사에 전파한다. 기상해일 발생시 정보 전파체계는 기상청에서 예측단계(D3~1일)에는 기상해일 발생 가능성 알림(예보문)을 전파하고, 감지단계(D1~3시간)에서는 기압점프 감지 시 자동 SMS 문자를 해양경찰청으로 발송, 기상청-해양경찰청 직통전화(핫라인)를 이용하여 기상해일 발생 가능성을 알리고, 관측자료(AWS, 연안방재관측시스템) 분석 및 도달 예상 지역 정보를 해양경찰청 등으로 제공한다. 또한, 기상해일 감시와 정보 전파시스템은 최근 서해상에서 관측된 자료를 분석하여 이상파랑의 발생 징후를 감지할 수 있는 기술이 과학적으로 증명되어 서해안의 이상파랑 예측정보를 생산하게 되었다. 서해 도서 최서단인 백령도, 격렬비열도, 흑산도에서의 1시간 동안 3hpa 이상의 기압변화가 발생한 사례들을 분석한 결과, 1~3시간 후에 기상해일이 관측되었다.



연안방재 관측시스템
[’10(6개소), ’11(5개소), ’12(4개소)]

보령 죽도 연안방재 관측지점에서의 실시간 수위 관측자료(위) 및 주기 분석(아래)

그림 8. 연안방재 관측시스템 구축 및 실시간 수위 관측

이와 관련하여 기상청에서는 우리나라 서해 최서단 (백령도, 격렬비열도, 흑산도)에서 기압점프가 발생할 경우 1~2시간 후에 기상해일이 도달할 것으로 예측 한다.

아래 표 4와 같이 분석자료에 의하면 '13.3.9. 격렬비열도에서 기압점프가 발생한 후 약 72분 후에 수위변화가 나타났으며, 격포는 151분, 영광은 176분 후에 나타났으며, 지산과 해남은 흑산도에서 기압점프가 발생한 후 각각 44분과 84분 후에 수위변화가 나타났다.

[표 4] 2013년 3월 9일 기압점프 발생 후 이상파랑 도달시간 분석자료 (제공 : 기상청)

지점	수위변화 (cm)	발생시각	기준지점별 시각차이	
			시각차이(분)	기준 지점
죽도	13.4	2013/3/9 20:02	72	격렬비열도
격포	10.9	2013/3/9 21:21	151	격렬비열도
영광	21.1	2013/3/9 21:46	176	격렬비열도
지산	11.2	2013/3/9 22:44	44	흑산도
해남	10.7	2013/3/9 23:24	84	흑산도

여기서 잠깐

Q. 너울성 파도와 기상해일의 차이점은?

A. 너울성 파도는 해당지역에 바람이 불어 생긴 파가 아니며, 다른 해역에서 발생한 풍파가 전달되거나 저기압이나 태풍의 중심 부근을 떠나서 잔잔한 해면이나 해안에 온 경우, 또는 바람이 갑자기 그친 후에 남은 파도를 의미하고, 기상해일(이상파랑)은 대기압의 급격한 변화 즉, 기압점프로 먼 바다에서 시작으로 파고가 증폭되는 현상을 말한다.

예) '08.5.4(일) 12:41경 충남 보령시 죽도 선착장 및 갯바위에서 파도에 휩쓸려 사망한 사고에 대해서는 관계 전문가와 국립해양조사원 및 한국해양과학기술원 등에서는 너울성 파도로 인한 사고가 아니라 기상해일(이상파랑)에 의한 사고라고 발표함.

4 시사점 및 주요피해 사례

폭풍해일과 지진해일은 앞에서 설명한대로 관측을 통해 어느 정도 떨어진 곳에서는 미리 대피할 수 있으나, 사전 대비를 위한 각종 시스템 구축 뿐만 아니라 시설물 보강과 국민의 안전지대 대피 등 해일에 대한 지식과 교육 훈련이 필요하다.

그러나, 기상해일과 같은 해일은 사실 오래 전부터 존재하였던 것으로서 맑은 날에도 갑작스럽게 큰 파도가 해안을 덮쳐 피해를 입을 수 있으므로 각별한 주의가 필요하다. 이를 바탕으로 우리나라 해일의 주요피해 사례를 알아본다.

주요피해 사례

폭풍해일 피해

○('87.7.15.~16 태풍 '셀마') 인명피해(사망·실종 345명, 이재민 10만여명)
재산피해(6천억여원) 마산항에 발생한 폭풍해일



○('03.9.12.~13 태풍 '매미') 서울, 인천을 제외한 전국 14개 시도가 피해, 사망 117명
및 실종 13명, 이재민 4,089세대, 재산피해는 약 4조 8천억원, 주택 40만 1,015동, 농경지 3만7,986ha 침수

* 특히 부산 신항의 해상 호텔과 부두 크레인이 전복하는 피해 발생



□ 국내 지진해일 피해('83. 5. 26 동해 중부 규모 7.7 지진)

- (진앙 : 일본 혼슈 아키다현 서쪽 근해) 울릉도·삼척·울진·동해지역 (사망 1, 부상 2, 실종 2), 건물 44동(전파 1, 소파 22, 침수 21), 선박 81척(전파 47, 반파 34) 등
- ※ 해일높이(m) : 울릉도 1.3, 속도 1.5, 포항 0.6, 동해(묵호) 2.0 이상



('93. 7. 12 동해 중부 규모 7.8 지진)

- (진앙 : 일본 오키시리섬 북서해역) 동해안에 1.0~2.5m 해일고 기록, 재산피해 4억여원
- *기상청에서 지진발생 30분 후에 지진해일특보를 발표하여 인명피해가 없었음.

□ 해외 지진해일 피해 ('11. 3.11 일본 도호쿠 지역 센다이 인근 해저 약24km 지하 규모 9.0 지진)

- 인명피해(1만4천여명), 재산피해 (80조원) 발생, 높이 10m의 이상의 쓰나미가 태평양 연안 내륙을 덮쳐 선박과 차량 및 건물이 바닷물에 휩쓸려 나가는 후속 피해 속출, 일본 역사상 최대 규모의 지진으로 히로시마 원폭의 약 5만 배



□ 기상해일(이상파랑) 피해

○ 2007. 3. 31, 전남 영광 범성포 해안

- 인명피해(사망 4명, 부상 3명), 재산피해(2,245백만원), 시설피해(주택 46동, 상가 120동, 선박 186척 등)

○ 2008. 5. 4, 충남 보령 죽도방파제 피해 - 인명피해(사망 9명, 부상 15명)

- 죽도선착장과 해안 바위지역에서 관광객 및 낚시객 7명이 파도에 휩쓸려 사망, 죽도에서 약 4km 떨어진 갯바위 지역에서도 2명이 높은 파도에 사망



폭풍 해일 때는

- TV나 라디오를 통한 기상상황이나 해일정보 등을 주의 깊게 들읍시다.
- 해안 저지대 주민은 비상상황 발생 때를 대비하여 대피장소 및 대피방법을 미리 알아둡시다.
- 해안에서 진동을 느꼈을 경우나 지진해일 경보를 들으면 즉시 높은 곳으로 대피합시다.
- 물이나 전기가 끊기는 것에 대비하여 마실 물, 식료품, 손전등, 라디오 등을 준비합시다.
- 대피에 대비하여 비상 소지품을 챙겨둡시다.
- 집 주변에 있는 물건을 치우거나 고정해 둡시다.
- 현관 문턱, 개구멍 등 물이 들어올 수 있는 곳을 막아 둡시다.
- 집 주변 하수구가 흙이나 쓰레기로 막혀있는지 확인하고 제거합시다.
- 방이나 거실의 침수에 대비하여 중요한 물건은 높은 곳으로 옮깁시다.
- 외출을 하지 맙시다.
- 한 번이라도 해일피해 경험이 있었던 지역 주민들은 만일의 사태를 대비해 간단히 짐을 싸두고 피난대피시설을 확인합시다.



폭풍해일 발생 때는

- 태풍 시에는 해일을 동반하는 경우가 있으므로 태풍 행동요령에 맞춰 행동합시다.
- 매우 심한 지면진동을 느끼면 가까운 곳에서 큰 지진이 난 것이므로 해안지역의 주민은 즉시 높은 지대로 대피합시다.
- 해일발생 우려 시에는 사전대비와 안전조치를 취합시다.
- 수영, 보트놀이, 낚시, 야영 등을 즉시 멈추고 바닷가나 주택 및 지하실에서 대피합시다.
- 가까운 행정기관의 전화번호는 온 가족이 알 수 있는 곳에 두고 이웃 간의 연락방법을 알아둡시다.
- 공사 중인 현장에서는 작업을 중지하고 떠나려가거나 파손될 우려가 있는 기자재들은 안전한 곳으로 이동시킵시다.



미처 대피 못한 때는

- 1층보다는 2층, 2층보다는 3층, 경우에 따라서는 지붕이 안전하니 높은 곳으로 이동합니다.
- 목조 주택은 떠내려갈 가능성이 있으니 벽돌이나 철근콘크리트 건물로 이동합니다.
- 해안에 가까울수록 위험하므로 해일이 발생하면 해안에서 멀리 떨어진 급경사가 없고 지형이 높은 안전한 곳으로 이동합니다.
- 해안에서 멀리 떨어진 곳은 직접적인 파도의 영향이 없으므로 바닥에서 높이가 2~3m만 높아도 비교적 안전합니다.

지진해일 내습시에는

지진해일 내습 시 주의사항

- 일본 서해안에서 규모 7.0 이상의 지진이 발생하면 지진해일 발생을 우려해야 한다.
- 연안 주민들은 지진해일에 관심을 뒤야 하고, 현상을 잘 이해하는 것이 좋다.
- 지진해일 내습이 확인되면 통신수단을 동원하여 주민 모두에게 알린다.
- 일본 서해안에서 지진 발생 후 동해안에는 약 2시간 뒤에 해일이 도달하므로, 해안가에서는 작업을 정리하고 위험물(부유 가능한 물건, 충돌 시 충격이 큰 물건, 유류 등)을 이동시키며, 고지대로 피난한다.
- 항 내 선박은 움직이지 않도록 고정하거나 가능한 항 밖으로 이동하고 기상특보를 경청하며 지시에 따른다.
- 해안에 있다가 강한 지진동을 느꼈을 경우는 국지적인 해일의 발생 가능성이 있고, 약 2~3분 이내에 해일이 내습할 수 있으므로 해일 경보 등이 없더라도 신속히 고지대로 이동한다.

선박 위에서 지진해일 행동요령

- 대양에서는 해일을 전혀 느끼지 못하고, 해안 부근에서 크게 증폭되므로 자신이 만일 대양에 있고 지진해일 경보가 발령되었거나 이를 인지하였을 때에는 항구로 복귀하지 않는다.
- 항만, 포구 등에 정박해 있거나, 바닷가에서 조업 중인 선박은 지진해일 발생 여부를 인지한 후, 시간적 여유가 있다면 선박을 수심이 깊은 지역으로 이동시킨다.
- 지진해일이 내습하면 항만 등에서 그 파고는 거대해지고 유속이 급격하게 증가하므로 선박의 안전에 특히 주의해야 한다.
- 선박에 대한 조치가 끝난 후에 자신이 육지에 있다면 동료와 함께 신속히 고지대로 이동한다.
- 방파제 내측은 지진해일이 넘어올 위험이 있으므로 이곳에 선박을 매놓지 말아야 한다.

요약 해일의 종류와 특성 비교

앞에서 설명한 내용을 바탕으로 대표적인 해일에 대하여 종류와 발생원인, 주요특징 및 피해사례 등 비교

구분	폭풍해일 (暴風海溢, Storm surge)	지진해일 (地震海溢, Tsunami)	기상해일(이상파랑) (기상쓰나미, Meteotsunami)
발생 원인	<ul style="list-style-type: none"> 저기압에 의한 해수면의 상승 바람에 의한 해면의 상승 	<ul style="list-style-type: none"> 해저에서 지진·화산 폭발, 단층 운동, 빙하의 붕괴 등이 발생할 때 	<ul style="list-style-type: none"> 대기압의 급격한 변화(기압점프)로 먼 바다에서 시작으로 파랑이 연안 가까이 도달하면서 해저지형 등의 영향을 받아 돌발적으로 발생하면서 파고가 증폭되는 현상
발생 지역	<ul style="list-style-type: none"> 동해에서 서해로 갈수록 높다 서해는 겨울철에 많이 발생 남해는 여름과 가을에 많이 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 태평양에서 일본과 인도네시아 등에서 빈번하게 발생 * 특히, 리하스식 해안에서 자주발생 	<ul style="list-style-type: none"> * 주로 서해안지역에 3월~5월 발생
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> 폭풍(태풍)시 강한 저기압과 바람에 의한 해수면이 평균 해면에서 상승하고, 해안으로 접근하면서 수심이 얕아짐에 따라 점점 더 큰 해파에 의해 바닷물이 해안으로 넘쳐 들어오게 됨 	<ul style="list-style-type: none"> 수일동안 진행되는 폭풍해일과는 달리 10여시간의 짧은 시간 동안 나타나며, 해수면 상승폭은 폭풍해일에 비해 훨씬 큼 	<ul style="list-style-type: none"> 먼바다에서 저기압이 빠른속도로 이동하고 3hPa이상의 기압점프가 발생시 해상에서 이동하는 천해파와의 공진 현상과 맞물려 연안에 순간적인 높은 파가 발생- 
	특보 기준	<ul style="list-style-type: none"> (주의보 및 경보) 천문조, 폭풍, 저기압 등의 복합적인 영향으로 해수면이 상승하여 발효 기준값 이상이 예상될 때, 다만, 발효기준값은 지역별로 별도지정 * 예시) 부산 해일특보 기준값은 주의보 160cm이상, 경보 210cm 이상 상승했을 때 특보발표 * 기상청에 따르면 98.7.7. 고조예일 추가, 04.6.29.부터는 고조예일과 폭풍예일을 통합하여 폭풍예일로 특보 발표 	<ul style="list-style-type: none"> 한반도 주변해역 규모 7.0 이상 해저 지진 발생시 발령 (주의보) 예상파고 0.5m~1.0m 일 때 (경 보) 예상파고 1.0m 이상 일 때
예측 방법	<ul style="list-style-type: none"> 관측시설(국립해양조사원) 고조정보 및 실시간 관측자료를 활용, 기상상황 등으로 예측 	<ul style="list-style-type: none"> 지진 규모 및 위치를 근거로 지진해일을 일으킬 수 있는 지진에 대해서는 10분 이내에 해안지점의 예상 도달 시각을 판단하여 조기 경보를 실시 	<ul style="list-style-type: none"> 서해 최서단 기상청 AWS(백령도, 격렬비열도, 흑산도) 실시간 기압분석을 통해 기압점프 유무 모니터링 서해상에서 저기압이 동쪽으로 약 70~80km/h의 속도로 이동 여부 등을 분석하여 예측
피해 사례	<ul style="list-style-type: none"> '03.9.12. 태풍 "매미" 해일피해 <ul style="list-style-type: none"> - 사망 117명, 실종 13명 - 재산피해 (4조8천억원) - 주택 40만1,015동, 농경지 3만7,986ha 침수피해 등 	<ul style="list-style-type: none"> '83.5.26. 일본 혼슈 아키타현 서쪽 근해 지진 7.7규모 <ul style="list-style-type: none"> - 울릉도·삼척·울진·동해지역 사상자 5명(사망 1, 부상 2, 실종 2), 건물 44동(전파 1, 소파 22, 침수 2), 선박 8척(전파 47, 반파 34) - 재산피해 (3억7천여만원) 	<ul style="list-style-type: none"> '07.3.31. 전남 영광군 법성포, 부안군, 고창군 일대 <ul style="list-style-type: none"> - 인명피해(사망 4명, 부상 3명), 시설피해 (주택 46동, 상가 120동, 선박 186척 등) '08.5.4. 충남 보령 죽도방파제 및 대천해수욕장 인근 갯바위 - 사망 9명, 부상 15명

참고문헌

- 기상청(국립기상연구소, 그것이 알고싶다 지진해일), 기상청 예보정책과 제공자료
- 쓰나미의 과학('12.5.3.이호준/살림출판), HIGH TOP 지구과학('13년 11월, 두산동아), 방재학('12.9월, 한국방재학회), 최신 해양과학 축약본('13년 7월, 스키그마프레스)
- 국립재난안전연구원('09.7월 이상파랑과 너울성파랑에 대한 방재대책 기획연구)



Disaster Status Management Information

제8호

재난상황관리 정보

해일(海溢, overflowing of sea, surge)



소방방재청
재난상황실

발행처 : 소방방재청 재난상황실 Tel. 02) 2100-5030

(실장 : 임현우 / 팀장 : 이경자 / 담당 : 문균호)