

港口에서 이는 波浪

쓰 나 미

〈津波〉

崔 秉 昊 〈成均館大學校 教授 · 工博〉

서 언

쓰나미(津波)는 일어로 항구에서의 파랑을 의미하는데 현재는 국제공용어로 해양에서의 지진, 화산폭발, 사태 또는 핵폭발실험에 의해 해수면에 생기는 지구중력에 의한 파랑을 일컫는다.

1983년 5월 26일 12시 일본 아카다지방(秋田縣) 외해쪽의 해저 지진에 의해 발생한 쓰나미는 동해를 가로질러 우리나라의 임원(臨院), 정라(汀羅)항 및 인근지역에 큰 피해를 끼쳤다. 이 해양재해(海洋災害)가 있고서야 수로국, 기상대 및 학계는 피해기록을 조사하고 이조실록을 포함한

옛날기록을 검토하게 되었으며 쓰나미연구의 국제적인 동향 및 예경보체계(豫警報體系)의 수립에 눈을 돌리게 되었다.

우리나라의 경우 해안 방파제를 포함한 외곽시설(外廓施設)이 불충분한 동해안의 어항들은 쓰나미내습에 취약하며 또한 원자력발전소는 쓰나미 초동현상(初動現象)의 수면하강과 뒤이은 높은 수면상승이 발전소운용에 영향을 줄지 모르므로 각별한 주의가 환기되고 있다.

이 글은 90년대가 국제연합이 지정한 자연재해경감년(自然災害輕減年, International Decade for Natural Disaster Reduction)인 바 막대한 재산피해와 인명손실

을 초래하는 쓰나미를 포함한 해양재해에 대해 우리나라도 학술적인 진전과 국제협력을 통한 예경보체계(豫警報體系)를 갖추어야 한다는 점을 강조하기 위해 쓰는 것이다.

쓰나미 記錄

서기 365년 지중해를 뒤흔든 대규모지진은 세계의 7대불가사의로 알려진 알렉산드리아항구의 180m높이의 등대를 쓰러뜨리고 전 시가가 쓰나미에 의해 침수된 기록이 있다. 근대에 들어 1755년 11월 1일 리스본에서 발생한 지진에 의한 13m 높이의 쓰나미는 타구스(Tagus)강을 통해 내습하여 6만명의 사망자를 일시에 내었으며 비슷한 시기인 1781년에 대만해협(臺灣海峽)에서 발생한 쓰나미는 5만명이상의 사망자를 내었다.

20세기에 들어 1960년 5월 23일 칠레 Valparaiso근처에서 발생한 지진에 의한 쓰나미는 1만7천800Km에 이르는 태평양상의 거리를 횡단하여 일본의 동해안 전역에 큰 피해를 주었는데 229명의 사상자와 1만2천척의 대소선박이 파괴된 기록을 남겼다.

이러한 역사적인 쓰나미기록은 기원전 49년부터 현재까지 약 6천600회가 있으며, 미국 코로라드 보울더시에 위치한 국제자료센터인 지구물리자료센터(National Geophysical Data Center)는 관련사진의 슬라이드, 검조(檢潮) 기록 등을 제공하는데 특히 태평양분지에서 발생한 405회의 쓰나미의 발생위치, 일시, 지진자

료, 1.5m이상의 쓰나미가 보고된 위치가 제시된 상세한 지도 역사 자료를 제공한다.

소련 역시 독자적으로 유사한 자료베이스를 구축중에 있는데 사하린의 유즈노사하린스크(Yuzhno - sakhalinsk) 소재 소련과학원산하 해양지질 및 지구물리연구소에서 담당한다.

이 연구소의 동포과학자 고창남(高昌男) 박사는 태평양에서의 1896 ~ 1982년기간의 자료를 분석하여 보고서를 출간하였다.

우리나라 동해안에 내습한 쓰나미의 기록은 1741년 8월 29일(영조17년 7월 17일) 북해도(北海道) 남서쪽 외해에 진원(震源)을 두었던 관보(寬保)지진, 1940년 8월 2일의 신위갑(神威岬)지진, 1964년 6월 16일의 니이가다(新潟)지진 및 1983년의 아끼다(秋田)현 외해에 진원을 둔 중부지진에 의한 것으로 보고되었다. 1741년의 쓰나미는 당시 강원도 평해(平海, 현재 경상북도 울진군 평해읍) 등 아홉군(울진, 삼척, 강릉, 양양, 간성, 고성, 통천, 흡곡)에 큰 피해를 입혔으며, 쓰나미 파고는 3~4m이었던 것으로 조선왕조실록에 기술되어 있다.

1940년의 쓰나미는 일본 북해도 신위갑(神威岬)외해에 진원을 둔것으로 목호, 라진, 정라, 및 울진 등에 피해를 주었는데 목호와 라진의 검조소(檢潮所)에서 쓰나미파고를 기록한 것을 일본 천문대에서 발행한 이과년보(理科年報「地學部分」)에서 보고되고 있다.

1964년의 新潟지진에 의한 쓰나미는 일본해안에 막대한 피해와 473명의 사상자를 내었지만

우리나라 동해안에 미친 영향은 미미하였다. 83년의 쓰나미는 임원, 정라항 인근에 큰 피해를 주었는데 3명의 사망자와 4억여원의 재산피해를 끼쳤다.

교통부 수로국의 秋敎昇씨는 일본 동경대 지진연구소의 쓰지요시노부(都司嘉宜)교수, 서울대 安希洙교수와 더불어 83년 쓰나미에 의한 해안피해에 대한 보고서를 출간하였다. 당시 보고되지 못한 북한 및 시베리아연안의 피해자료도 국제학회 및 학술교류를 통해 보완되리라 보고 있는데 북한은 동해안의 김책, 웅기, 원산 및 함흥등지에 상시 관측소를 운영하고 있으며 아직은 국제자료센터에 자료를 제공하고 있지 않다

쓰나미 研究

쓰나미 내습의 예보란 쓰나미 발생후 짧은 시간 이내에 주요해안지역에 쓰나미의 내습시간, 최대파고, 지속시간 및 항만내의 최대유속에 대한 예보가 수행되어 거주민, 선박, 및 장비들을 대피시킬 수 있는 예보를 말한다.

현재 쓰나미가 발생하면 예보망을 이루고 있는 연안에서 떨어진 검조소(檢潮所)또는 관측부에서 이를 확인하여 연안에의 쓰나미 도달시간을 예보할 수 있으나 쓰나미의 파고, 발생시간, 파력에 대한 추정은 어려운 실정에 있다. 선진국의 예경보(豫警報)체계도 단지 발생한 지진에 대한 반응적 체계(反應的體系)로 구성되어 있는데, 태평양분지내의 해저지진에 의한 쓰나미피해경감

체계기술(THRUST, Tsunami Hazards Reduction Utilizing Systems Technology)이 국제적인 쓰나미경보에는 가장 개선된 형태로 보고되고 있다.

이 체계는 미국 海洋大氣局의 GOES위성이 지진 관측소의 지진자료와 쓰나미경보체계의 수위관측자료를 지진발생후 3분이내에 수신하기 시작함으로써 경보업무에 들어가는 신속한 체계이다.

83년 동해쓰나미의 경우에 일본당국은 지진발생후 15분내에 즉각적인 경보체계를 발동했는데도 진앙(震央)이 연안과 너무 가까워 막대한 피해를 본 반면에 우리나라는 동해를 가로질러 내습하는 쓰나미에 대해 시간적인 여유는 있었으나 쓰나미피해에 대한 인식이 부족하여 피해경감을 시킬 충분한 조치를 취하지 못했다.

예보조치와 더불어 연안의 쓰나미 영향평가가 중요한 연구부문인데 과거기록에 의한 쓰나미 발생확률추정, 대피 및 구획계획을 위한 최대침수가능지역의 설정, 구조물에 작용하는 쓰나미에 의한 최대하중의 평가를 수행하여 재산보호 및 용지계획 수립에 필수적인 평가를 수행하는 것을 말한다. 상기 목적을 달성하기 위해서 필요한 쓰나미 연구투자 및 연구계획은 다음 분야에서 적극적으로 권장되어야 한다.

가) 연안 및 해양에서의 쓰나미관측

나) 해안구조물 설계기준을 설정하는 쓰나미의 최종영향(terminal effects)에 관련되는 모델링 및 설계

다) 쓰나미를 발생시키는 지진의 특성

라) 쓰나미 자료베이스의 수립, 확충 및 위험도 분석에의 응용

마) 비상시 대책방안

우리나라의 경우 83년 쓰나미를 겪은후 6년이 지나는 동안 학술적인 진전과 실제적인 경보체계의 수립활동이 미약하여 다음에 발생할지 모를 쓰나미에 대한 대처가 불충분한 상태에 있다.

쓰나미에 관한 국제활동

쓰나미연구와 예경보체계의 수립에 의한 재해경감을 목적으로 하는 쓰나미위원회(International Tsunami Commission)가 국제측지학 및 지구물리연맹(International Union of Geodesy and Geophysics)의 해양물리분과(International Association for Physical Science in the Ocean)에 속해 있는데 1960년 결성되어 IUGG총회기간과 매 2년마다 심포지움, 워크샵 및 예경보체계에 대한 국제협력을 수행하고 있다.

현재 쓰나미위원회의 위원장은 미국국가해양대기국 태평양 해양환경연구소 소장인 Bernard 박사가 맡고 있는데 미국, 일본, 소련이 가장 활발한 참여국이다.

심포지움에서는 쓰나미관련연구가 발표, 토의되며 워크샵은 쓰나미 예경보의 개선방안을 토의하는 데 UN의 국가간 해양협력위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission)의 활동으로 태평양쓰나미에 대한 예보체계 협력단체가 따로 결성

되어 있어 실제적인 예경보업무에 따른 각국의 방침들을 토의하는데, 자연재해경감을 위한 가장 활발한 국제과학협력프로그램으로 알려져 있다.

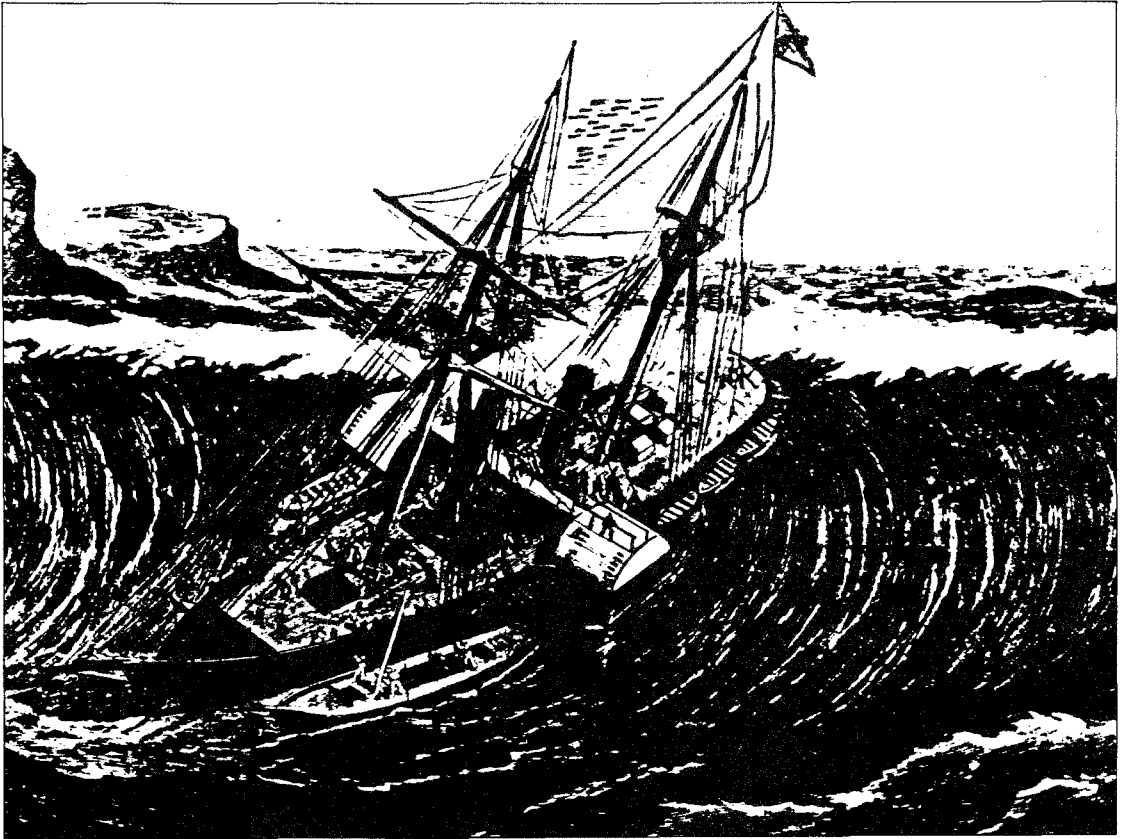
우리나라도 83년 쓰나미를 계기로 87년의 북경회의 및 89년 소련 노보시빌스크(Novosibirsk) 회의에 관련학자들을 파견하여 국제활동을 비로소 시작하고 있는데, 북한도 89년 회의에는 2명의 해양학자를 파견하여 동해 쓰나미에 관련한 과거기록의 검토와 쓰나미 시뮬레이션 결과를 발표하였다.

우리나라의 경우 태평양의 쓰나미보다는 동해의 쓰나미가 직접적인 피해를 주므로 우리나라, 일본, 소련, 북한이 실제적인 동해쓰나미 예경보체계의 협력을 위한 노력이 91년 비엔나에서 열리는 20차 IUGG총회와 93년 일본에서 개최되는 쓰나미위원회 회합에서는 이루어져야 할 것으로 생각된다.

또한 유구열도(琉球列島)외측 태평양에서 해저지진이 일어날 경우 쓰나미는 동지나해(東支那海)와 황해(黃海)에 도 전파되지만 대륙붕(大陸棚)의 얇은 수심에 의해 영향이 크게 감쇄될 것으로 추정된다. 비록 빈도(頻度)는 적지만 대륙붕해역내에서의 해저지진은 우리나라 서해안에 영향을 줄 것이므로 중공의 예경보체계와 관련한 긴밀한 협력관계를 맺을 필요도 있다.

제시되는 추후의 노력

쓰나미관측, 발생, 파급(波及), 해안에의 최종영향(最終影響),



해안의 쓰나미 내습을 그린 판화

terminal effect), 사회적 반응 및 위험도분석에 대한 전반적인 쓰나미연구는 선진국에서도 미흡한 수준에 있는 것으로 평가되어 있지만 우리나라의 경우는 말할 나위없다. 낙후된 기초연구 및 쓰나미공학(Tsunami Engineering)의 진전을 위해 제시되는 사항들은 다음과 같다.

가) 울릉도부근에 쓰나미관측소를 설치하여 최초의 수분간의 쓰나미 파형(波形)을 예경보센터에 텔레메터링할 수 있는 능력을 보유해야 한다. 기존의 검조체계(檢潮體系)는 우물형관측소로서 쓰나미관측에 부적합한데 전술한 THRUST계획에 이용되는 쓰나미

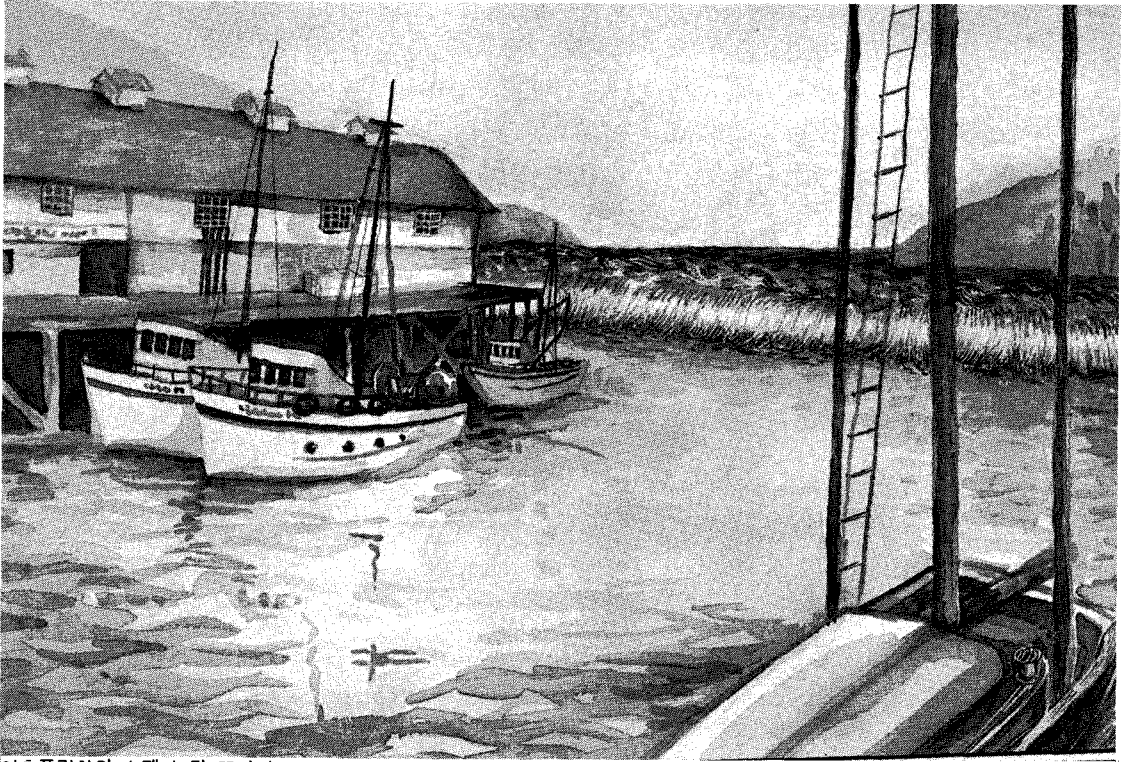
“

자연재해
경감년의 첫해를 맞이하여
쓰나미재해를 경감시키기
위한 노력이 향후 10년에
걸쳐 조직적으로 이루어져야
한다. 이러한 쓰나미와
관련한 해양방재연구를
선진국수준으로 제고시키는
과정을 통해 우리나라 해안
및 해양공학의 발전이 이루
어 질 것으로 본다.

”

관측기기는 저가(低價)인 것으로 알려져 있다.

나) 과거의 동해쓰나미에 대한 철저한 수치모형(數値模型)시뮬레이션에 의한 연구가 필요하다. 일본 동북대(東北大), 동경대지진연구소(東京大 地震研究所) 및 소련 과학도시 전산센터에서는 83년 쓰나미에 대해서 자세한 세격자망(細格子網)에 의한 수치모형 시뮬레이션을 수행하였지만 우리나라 동해안에 대한 부분은 상대적으로 소홀히 다루었다. 이러한 작업은 초대형 전산기를 필요로 하는데 우리나라의 경우 89년부터 Supercomputer CRAY-2S의 이용이 가능하다.



어촌풍경화의 소재가 된 쓰나미

다) 쓰나미의 최종영향은 해안 방파제의 배열을 포함한 항만의 형태 등 지형적 특성에 크게 좌우되므로 쓰나미파랑의 천해변경에 관한 철저한 지역적연구가 수행되어야 한다. 근년에 항내 파랑시뮬레이션모형에 관한 연구는 우리나라에서도 상당히 진전되고 있어 이 부분의 연구를 총체적인 쓰나미 시뮬레이션체계에 병합시키는 일이 중요하다.

상기의 학술적인 연구와 더불어 실제 쓰나미 내습에 대비한 표준화된 대처계획을 수립하여 실제훈련에 따른 반응도 등을 검토하는 일도 중요할 것이다.

결 언

재 자연재해 경감년의 첫해를 맞이하여 쓰나미재해를 경감시키기 위한 노력이 향후 10년에 걸쳐 조직적으로 이루어져야 한다. 이러한 쓰나미와 관련한 해양방재연구를 선진국수준으로 제고시키는 과정을 통해 우리나라 해안 및 해양공학의 발전이 이루어 질 것으로 본다. ㉠

<참 고 문 헌>

秋教昇. 1987. 한국연안에서 발생한 폭풍·지진해일현상에 대해

서. 교통부 수로국.

崔秉昊. 1985. 우리나라 동해안의 지진진파연구의 필요성. 대한토목학회지 제 33권 제 5호.

Disaster! when Nature Strikes Back. 1978. Bantam/Britanica Books about World's Most Interesting Subjects.

Murty, T.S. 1977. Tsunamis. Bulletin of Fisheries Research Board of Canada, No.198. Department of Fisheries and the Environment, Ottawa.

都司嘉宜外. 1985. 한국동해안을 내습한 일본해 중부지진진파. 일본방재과학기술센터 기술연구자료 제 90호.