

해양사고의 특징과 대응 기술의 미래

정 현 KAIST 기계공학과 교수

해양 사고는 왜 일어날까?

세월호 침몰사고와 같이 언론의 주목을 끈 사고 이외에도 선박과 해양 구조물에 서 크고 작은 해양 사고들이 종종 발생하고 있다. 피해의 규모나 심각성(severity)에 따라 보도되지 않는 사고가 많지만, 우리나라에서만 매년 약 1000여 건의 사고가 발생하고 있고,¹⁾ 전 세계적으로는 매년 약 2000여 명의 인명 손실이 해운 분야에서 발생하고 있다.²⁾ 첨단 과학기술을 공기처럼 숨쉬고 사는 오늘날에도 바다 위에서 충돌(collision), 접촉(contact), 좌초(grounding), 전복(capsizing), 화

재폭발(fire/explosion), 침몰(flooding/foundering) 등의 사고가 끊임없이 일어나고 있다. 바다라는 험한 환경으로 인한 불가항력적인 위력 때문에 주로 사고가 발생할 것 같지만, 사실 대부분의 사고는 경계 소홀, 항행 법규 위반 등의 운항 과실로 인한 것이다. 통계에 따르면 인적 오류(human error)가 전체 해양 사고 발생 원인의 약 45%를 차지하고 있다. 그리고 인적오류 중 상황인지(situation awareness) 오류가 약 29%, 상황 판단(situation assessment) 오류가 약 26%를 차지한다고 한다.³⁾ 우리나라의 세월호 침몰사고의

원인도 악천후로 인한 침몰이 아니라 안전 규정을 위반으로 인한 선박의 안정성 부족이 선박 전복의 핵심적인 이유였다. 물론 그 이후 많은 사람들을 안타깝게 했던 인명 구조 및 긴급 대응에서 나타났던 여러 가지 문제들은 지휘체계의 혼선으로 대표되는 여러 인적오류들의 복합적인 결과물이기도 했으나, 맹골수도라는 험한 해양 환경으로 인한 것이기도 했다. 일반적인 해양사고도 악천후로 인한 사고도 존재하며, 기타 관리 소홀로 인한 엔진 또는 시스템의 고장 등도 사고 통계의 한 부분을 차지하고 있다.

1 자료: 해양수산부 해양안전심판원, 최근 5년간 해양사고 통계, <http://www.kmst.go.kr/statistics/yearsStatisticsList.jsp>

2 자료: International Transport Worker's Federation, <http://www.itfglobal.org/en/global/>

3 자료: C.C. Baker and A. K. Seah, Maritime Accidents and Human Performance: the Statistical Trail, MARTECH 2004, Singapore



2014년 4월 16일, 세월호가 침몰했다. 승객을 가득 태운 여객선이 침몰했으나 전원 구조되었다는 소식이 뉴스속보로 전해졌다. 많은 사람들이 그 속보에 '그래도 사고를 잘 대처했네'라며 안도하고 다시 자신들만의 바쁜 일상으로 돌아갔으리라 생각된다. 물론 그 속보는 매우 치명적인 오보였다. 연달아 나오는 뉴스에서, 침몰하는 여객선 내부에 많은 승객들이 아직 구조되지 못하고 있고, 구조를 위해 달려간 많은 사람과 물자들이 한시가 급한 상황에서도 어찌지 못하고 주변에서 맴돌기만 하는 모습을 비추었다. 가슴 아픈 많은 일들이 연이어 벌어졌다. 서해 페리호 등 과거 유사한 사고에 대한 정보가 뉴스 지면을 오르내렸고, 천재가 아닌 인재라는 익숙한 말들이 다시 들리기 시작했다. 혹자는 반복되는 재난과 사고에도 나아지지 않는 우리의 대처방식과 지휘체계를 자조적으로 비판하기도 했다. 언론 보도에 따르면 이 모든 과정을 지켜보아만 했던 국민들의 마음에 큰 트라우마를 남기기도 했다.

해양 사고는 육상에서 발생하는 사고와 어떤 점이 다른가?

최근 선박이 점차 대형화되고, 해상 교역량 및 해양관광의 수요도 증가하고 있다. 전세계 에너지의 대부분을 해운으로 운송하고 있다. 우리나라도 국내 에너지의 대부분을 해외에 의존하고 있어, 유조선 해양사고에 의한 대규모 해양오염의 가능성이 상존하고 있다.

해양시스템은 사람이 살고 있는 육상과 멀리 떨어진 바다 위나 밑에 위치하거나 바다 위를 운행한다. 과거에는 연안을 오가는 선박이나 얕은 바다에서 해저 자원을 채취하는 해양플랜트가 주류였지만, 최근에는 점점 더 해안에서 멀어져 더 깊은 바다로 운항하거나 심해 해저에서 자원을 채

취하는 방향으로 가는 추세이다. 그렇기 때문에 가까운 육상에서 해양플랜트가 필요로 하는 전기 등 기본적인 인프라를 끌어올 수 있었던 예전과 달리 최근의 해양플랜트는 모든 인프라를 스스로 자급해야 하는(self-sustainable) 시스템으로 변화하고 있으며, 이는 소방이나 기본적인 방재 수단도 멀리 떨어져 있는 육상의 인프라 시스템에 의존하는 것이 아니라 스스로 해결해야 한다는 것도 포함한다. 그리고 최후의 순간에는 사고 선박이나 플랜트를 신속히 탈출해서 위험을 벗어나야 하지만, 육상과 달리 사람들이 쉽게 피신할 수 없는 바다라는 환경이 존재하고 있다는 차이가 있다. 일반적으로 거대한 시스템이기 때문에 그 피해의 파급효과도 거대하다.

1989년 미국 알래스카 앞바다에서 좌초되었던 21만 톤 급 유조선 Exxon Valdez호는 24~26만 배럴의 원유를 유출해서 천문학적인 환경적, 경제적 피해를 일으켰으며, 2010년에는 멕시코만에서 Deepwater Horizon 석유시추장비가 폭발하여 수조 달러의 피해액을 발생시켰다.

이렇듯 선박이나 해양플랜트 등 해양시스템은 바다라는 특수한 환경에서 일반적으로 규모가 크고 복잡하고 다수의 사람(운영자 및 승객)을 포함하는 시스템이다. 이러한 특성들 때문에 사고를 미연에 예방하거나 사고의 징후를 미리 모니터링을 하는 것이, 사고 및 재난 발생 후 대응하는 것보다 훨씬 효율적이다.

사고의 위험을 어떻게 회피할 수 있을까?

독일의 사회학자 울리히 벡은 1986년 그의 저서 '위험사회'에서 현대사회는 기본적으로 위험한 사회로 정의했다. 과거의 위험은 특정 지역에서 특정한 사람을 대상으로 하는 위험이었다면, 현대의 위험은 모두에게 평등하게 존재한다고 주장했다. 과거에는 위험한 어느 지역을 피하거나 위험한 어떤 행동을 피하기만하면 안전할 수 있었으나, 체르노빌의 방사능 물질이 전 지구에 영향을 미쳤듯이 현대의 위험은 어떤 위험인지 잘 보이지 않고 불확실하며 전세계적으로 퍼질 수 있고 모두에게 평등하게 적용된다고 주장했다. “빈곤은 위계적이지만 스모그는 민주적이다”는 말은 이러한 그의 주장을 잘 함축하고 있다.

“우리는 마른하늘에 날벼락이 당연한 시대에 살고 있다. 세계 보건기구가 홍역의 완전박멸을 선언하는 그 순간 광우병, 조류독감과 같은 신종 질병이 등장하고, 우리가 갈증을 없애줄 한 바가지의 맑은 물조차 찾아보기 어렵다. 전기 문명에 도취되고 화려한 소비문화에 빠져드는 순간, 자칫 인류를 멸종으로 몰아갈 수도 있는 핵발전소들이 도처에 건설된다. ‘위험사회’는 이러한 연대 사회를 분석하고 평가하려는 노력이다. 이 위험천만한 풍요의 시대를 안전과 평화의 시대로 전환시켜야 한다는 절박한 과제를 추구한다.”⁴⁾

어느 분야나 비슷하겠지만, 과학기술의 발전과 발맞추어 사고와 재난에 대한 관심이 해양 분야에서도 증가하고 있다. 울리히 벡의 주장대로 인류의 욕망/필요에 의해서 해양을 개발하고자 하는 근본적인 의지가

해양 시스템을 점점 더 복잡하고 거대하며, 더욱 위험한 시스템으로 만들었다고 볼 수도 있겠다. 그렇다고 해서 그 자체를 과거로 되돌리는 것은 바람직하지 못하다. 벡이 제안한 해결책은 ‘열린 광장에서 자유롭게 소통하는 시민’으로 대표되는, ‘사회적 합리성을 가진 과학적 합리성’이 주도하는 과학기술을 만들어 가는 것이다. 근원적으로 존재하는 위험에 대한 인식을 과학기술자를 포함한 전문가 집단과 시민사회가 끊임 없는 협상과 열린 논쟁의 과정을 통해 논의하는 것이 가장 중요하다고 벡은 보았는데, 그를 위한 첫걸음은 ‘합리성에 대한 과학의 독점’을 깨뜨리는 것이라고 주장한다. 이는 최근 거대하고 복잡해진 해양 시스템에서 어느 한 분야의 전문가가 아니라 다학제적인 접근이 필요하며, 크고 복잡한 시스템에 존재하는 근본적인 위험에 대해 인정하고 그를 바탕으로 시스템을 설계, 운영, 유지보수를 한다는 최근의 연구동향과 일맥상통한다고 생각된다.

해결책은 무엇인가?

최근 해양사고가 대형화, 복잡화됨에 따라 사전 대응형으로 안전관리의 패러다임이 전환되고 있다. 거대하고 복잡한 시스템에, 안전을 위한 대응 시스템을 하위 시스템(sub-system) 별로 더 추가해서 더욱 더 거대하고 복잡하게 만드는 방향이 아니라, 시스템적인 관점에서 다학제적으로 현재의 시스템을 분석하고 사고의 징후를 미리 파악하고 대처할 수 있도록 하는 방식으로 전환되고 있다. 물론 어느 한 분야의 기술로 가능하지는 않을 것으로 보인다. 기술적으로 취약한 부분에 대한 기술 개발은 필수적이지만, 그를 기반으로 설계 표

준이 제정되어 적용되어야 하고, 비상 대응 교육 및 훈련, 더 나아가서는 이를 위한 정책과 제도까지 연결되어야 한다. 그를 위해서는 과거의 대형 재난에 대한 원인과 취약부분에 대해 철저히 다학제적으로 분석하고, 이를 미연에 방지하고 체계적으로 대응하기 위한 통합형 거버넌스 구조를 제안할 필요가 있다.

해양시스템은 거대하고 복잡한 시스템인 만큼, 한두 명이 전체 시스템을 운영하는 것이 아니라 여러 사람으로 이루어진 조직이 시스템을 운영한다. 그 조직은 실제 그 해양시스템에 탑승해서 직접적인 운영/작업을 하는 조직뿐 아니라 법제화와 관리 감독을 포함해서 육상에서 해양에 있는 시스템을 지원하는 여러 조직을 포함한다. 시스템을 만드는 사람들의 조직과 운영하는 사람들의 조직, 그리고 각 하위 시스템을 유지관리 하는 사람들의 조직이 대부분 일치하지 않는 특성도 있다. 그렇기 때문에 운영자와 시스템 간의 상호작용뿐 아니라, 조직과 시스템의 상호작용에 대한 깊이 있는 이해가 필수적이기도 하다. 이는 그 시스템의 모든 생애주기(lifecycle)에서 이루어져야 한다.

이미 해양시스템 분야에서는 위험도 기반 설계(risk-based design)와 같은 방법들이 실제 시스템의 설계를 위해 활발히 사용되고 있다. 그러나 아직 미흡한 분야도 많다. 아직 이렇다 할 기술적인 해결책은 마련되지 않았으나, 해양사고는 나라별로 공식 기구를 두어 사고를 조사, 사고 통계 관리 및 사고 예방을 위한 정책을 만들기 위해 노력하고 있고, 해운과 조

4 자료: 울리히 벡 지음, 홍성태 역, 위험사회 - 새로운 근대성을 향하여, 새물결, 1997.

선에 대한 국제적인 문제를 다루는 국제 해사기구(IMO: International Maritime Organization)에서도 해양사고에 대한 통계 관리 및 사고 예방을 위한 새로운 규정 제정에 힘쓰고 있다.⁵⁾ 그러나 기술적으로 아직 갈 길이 멀다. 자동차 사고와 같이 시뮬레이션을 통해 사고의 원인과 전과과정을 시뮬레이션 할 수 있는 사고 재현 및 분석 기술, 이미 취합되어 서류상으로 관리되고 있는 사고 정보의 분석을 통해서 현재의 사고 위험을 진단할 수 있는 빅데이터 기반 사고 위험 평가 기술, 운영자 및 승객의 사고 시 상황인식을 돕는 상황 자각(situation awareness) 지원 기술 등 인적 오류를 포함한 시스템을 기반으로 한 기술들의 개발이 필수적이다. 물론 사고 예

방뿐만 아니라, 사고 발생 후 일련의 과정(상황 대처, 신속피난, 긴급 구호, 복구/복원 등)을 아우르는 모든 사고 및 재난의 단계와, 해양 시스템의 모든 생애 주기 - 설계(design), 건조(construction), 설치(installation), 운영(operation), 유지관리(maintenance), 해체(decommissioning) - 에 대해 시스템적인 접근이 필요하다. 전문가들만의 논의가 아니라 운영자와 승객도 아우를 수 있는 개념의 기술도 미래에 필요할 것으로 예상된다.

이미 일어난 사고에 만약을 가정한다는 것처럼 부질없는 일이 없을 것이다. 그러나 만약에, 여객선 승객들이 사용하는 SNS의 많은 정보가 일련의 이상징후를 나타내고

있었을 때, 그것을 미리 잡아내어 선장이나 승무원, 또는 관련 기관에 경고신호를 보낼 수 있는 기술이 있었더라면? 사고 발생시 이미 마련된 DB를 검색해서 그 상황의 심각성과 최선의 대응 방안을 선장과 승무원, 그리고 승객들의 스마트폰으로 전송해 줄 수 있었더라면? 큰 사고로 패닉에 빠진 선장과 승무원의 상황을 미리 감지해서 그들이 상황 판단을 도울 수 있도록 육상의 관제센터와 자동으로 연결되는 시스템이 있었더라면? 만약에, 과거의 사고에 대해 성급히 우리의 안전불감증을 탓하고 지나가기보다, 세부적이지만 다시는 반복하지 않을 중요한 교훈으로, 그리고 다시 그를 통한 대응매뉴얼과 정책으로 정리할 수 있다면 어떨었을까? **SE**



현대의 선박 안전에 관한 혁신들⁶⁾ (현대 여객선들은 타이타닉호에 비해 다양한 안전 혁신 방안들이 탑재되어 있다.)

5 자료: International Maritime Organization (IMO) Marine casualties and incidents, <http://gis.imo.org/Public/MCI/Default.aspx>

6 자료: Carly Fields Ed., Safety and Shipping 1912-2012, Allianz Global Corporate & Specialty AG, 2012.