

Note

## 선박기인 해양재난 피해축소를 위한 해양과학기술 개발수요 도출

장덕희 · 강길모\* · 김진영

한국해양과학기술원 해양정책연구소  
(15627) 경기도 안산시 상록구 해안로 787

### Demands to Develop Marine Science Technology to Reduce Damage of Disasters Caused by Marine Accidents

Duckhee Jang, Gil-Mo Kang\*, and Jin-Young Kim

*Ocean Industry and Foresight Section, KIOST  
Ansan 15627, Korea*

**Abstract :** The purpose of this study is to ascertain the demands for developing marine science technology to reduce fatalities caused by marine accidents. For this purpose, we analyzed the contents of about 77,000 news articles posted for a month after the tragedy of the Sewol (April 16~May 15) to identify keywords and then we used the Social Network Analysis (SNA) for each keyword. The findings of the analysis show that there are five networks and that each one reveals different aspects about technology development to prepare for marine accidents. Based on these findings, we categorized three kinds of demands for technology development from the perspective of marine science technology: provision of the information about the marine environment, development of equipment and technology to overcome extreme environments, and the establishment of a field support system.

**Key words :** marine science technology, marine accidents, Sewol, News Contents Analysis

#### 1. 서 론

이 연구는 2014년 진도 해상에서 발생한 세월호 사고에 대한 대응과정을 분석함으로써, 향후 유사상황 발생시 '선박기인 해양재난' 중 대규모 인명사고의 피해축소를 위한 해양과학기술 개발수요를 도출하는데 그 목적이 있다. 세월호 사고가 중요한 것은 동 사고의 발생과 대응과정에서 선박사고 관련 해양재해·재난에서 발생할 수 있는 거의 모든 사회과학적·과학기술적 이슈들이 제기되었으며, 이들 이슈들에 대한 적절한 대응체계를 갖추는 것은 향후 발생할 수 있는 유사 사례에 대하여 타산지석으로 삼을 수 있기 때문이다. 물론, 해양재난의 대부분은 선박사고에

의해 발생하므로, 선박사고 발생 억제가 최우선 과제가 분명하다. 그러나 이 연구에서는 피치 못하게 발생하는 선박사고에 대한 피해 감소를 위한 대응전략 마련의 차원에서 과학기술 분야의 연구개발 수요를 도출하는 것을 초점을 두었다. 또한, 관련 선행연구에 의하면(IMO 1994), 그동안 해양사고를 다루고 있는 선행연구의 75% 이상은 해양사고를 인적재난의 관점에서 다루고 있다. 이는 대부분의 사고가 'Human Error'에서 발생하고 있다는 점이 고려된 것이라고 판단된다(Grech et al. 2002). 해양사고와 관련된 기존의 연구들은 사고발생 원인을 다루고 있는 것이 대부분이며, 이로부터 선박시스템에 대한 신뢰성과 효율성 제고에 초점을 맞춰 연구가 진행되어 왔다(Rothblum 2000). 이와 비교할 때, 이 연구에서는 사고발생의 원인과 관계없이 사고발생 이후의 대처과정에서 적절한 대응방안

\*Corresponding author. E-mail : kanggm@kiost.ac.kr

마련을 위해 필요한 과학기술 개발수요를 도출하는 데 초점을 맞추었다.

이 연구에서는 효과적인 해양과학기술의 개발수요를 도출하기 위하여 다음과 같은 두 과정을 통하여 연구를 수행하였다. 첫째, 언론기사 분석을 통해 2014년 4월 16일 발생한 '세월호 사고'에 대한 사례분석을 통해 선박사고에 대한 적절한 대응을 어렵게 한 '문제'를 정의하고, 둘째, 정의된 문제를 바탕으로 이를 해결하는 데 필요한 해양과학기술적 관점에서의 기술개발 수요를 도출하는 것이 그것이다. 이 연구에서 이와 같은 방법을 채용한 것은 선박사고와 같은 대형재난 발생 시 효과적 대응을 위해서 "과학기술로 해결해야 하는 문제가 무엇이며, 그 문제를 해결하기 위해서는 어떤 기술을 어떻게 그리고 어떤 수준으로 개발해야 하는가?"를 찾는 것이 대안 마련의 핵심이라고 판단되기 때문이다. 그리고 이것이 중요한 것은 첫째, 선박사고가 매년 많이 발생하고 있다는 것이다. 해양안전심판원(2015)의 2014년 해양사고현황에 의하면, 최근 5년('10년~'14년)간 발생한 해양사고는 7,432건으로 연평균 1,486.4건이다. 한편, 2013년 기준으로 등록된 선박 수 대비 약 1.0%에서 사고가 발생하고 있는 것으로 조사되었는데, 이와 같은 해양사고 발생률은 같은 해 발생한 자동차 등록대수 대비 사고율 1.1%(KOSIS 2015)와 유사한 수준이라고 할 수 있다. 둘째, 그 동안 선박사고에 대한 피해축소를 위한 다양한 기술개발이 시도되었음에도 불구하고, 기존에 개발된 기술들은 실제 현장에서 별로 도움이 되지 못하였다는 반성에서이다. 이후 보다 자세히 설명할 것이지만, 세월호 사고에서 선체 침몰 후 희생자 감소를 위해서는 선내 실종자 수색·구조가 우선이나, 강한조류, 탁한 시야의 문제를 극복하지 못하였으며, 선내 실종자 수색은 다이버의 잠수수색에 전적으로 의존해야만 했다는 한계가 있었다.

이 연구에서 연구개발수요 도출을 위해 언론분석 방법을 이용한 것은 당시의 언론보도가 세월호 사고에 대한 다차원적인 국민적 시각이 투영된 결과로, Top-Down 방식의 기술개발 수요 도출에 효과적이라고 판단되기 때문이다. 특히 대부분의 언론보도는 사회 각계각층, 다양한 학문영역의 전문성을 보유한 전문가들의 의견을 토대로 작성되었다는 점도 고려 대상이었다. 즉, 언론보도의 내용은 짧은 시간 다수의 재난전문 기자들이 관련 분야 전문가들의 의견을 청취하여 의견을 종합한 것이라 볼 수 있다. 따라서 언론보도 분석 결과는 해양과학기술 측면에서 해결해야 하는 과학기술 수요를 최종결과물 위주로 인식할 수 있는 기회를 제공해주는 효과가 있어, '선박사고 대응을 위해 무엇이 필요한가?'에 대한 질문의 답을 찾는데 효과적이라고 판단하였다.

특히, 기존의 해양안전 과학기술 개발은 주로 과학분야

연구자들을 중심으로 부분적인 요소기술을 중심으로 개발되어, 실제상황이 발생하였을 때에는 적용이 불가능한 기술들이 다수 존재하였다. 예컨대 2010년 발생한 천안함 사건 등 굵직한 선박기인 해양재난이 있을 때마다 여러 가지 기술들이 개발되었지만, 전술한 바와 같이 이 기술들은 세월호 사고에서는 적용하지 못하였다. 이와 같은 상황이 발생한 다양한 원인들이 있을 것이지만, 핵심 원인은 개발된 기술과 장비의 현장적용 가능성에 있다고 판단된다. 세월호 사고가 발생한 진도해역에서 빠른 대처가 어려웠던 것은 기상상황과 강한 조류, 그리고 탁한 시야 등으로 인한 접근곤란성에 있었으며, 이를 극복할 수 있는 기술개발은 아직까지 이뤄지지 못했다고 판단된다. 그러나 세월호 사고에서는 선박기인 해양재난 발생 시 제기될 수 있는 거의 모든 기술개발 수요가 발생하였으며, 이 연구에서는 이를 기반으로 하여, 향후에 발생 가능한 선박기인 해양재난에 대비하기 위해 필요한 해양과학기술 관점에서의 기술개발 수요를 도출하였다.

## 2. 선박기인 해양재난 현황 및 이론적 논의

### 선박기인 해양재난 발생현황 및 특징

「재난 및 안전관리 기본법(법률 제12943호, 시행: 2014.12.30)」 제3조 제1호에서 재난은 "국민의 생명·신체·재산과 국가에 피해를 주거나 줄 수 있는 것"으로 정의되며, 태풍, 홍수와 같은 자연재난과, 화재, 폭발·교통사고 등 사회재난으로 구분된다. 또한, 사회재난의 교통사고는 항공사고와 해상사고를 포함하며, 선박사고는 여기에 해당한다. 대부분의 재난이 그러하겠지만, '세월호 사고'에서 확인된 바와 같이 선박기인 해양재난은 인간의 삶과 경제적 손실뿐만 아니라 환경적 재앙을 불러올 수 있다. 특히, 해양재난은 인명과 경제적 손실 측면에서 매우 심각한 결과를 초래한다(Marriott 1987). 예를 들어 역사상 가장 많은 사망피해가 발생한 민간인 침몰사고는 1987년 12월 21일 유조선과의 충돌에 의해 발생한 필리핀 여객선 도나파즈(Doña Paz)호 침몰사고로 약 4,000명 이상의 사망·실종자가 발생하였다(Perez et al. 2011). 그리고 영화를 통해 많이 소개되어 우리가 가장 많이 알고 있는 타이타닉호 침몰사고(1912년 4월 발생)는 승객 2,224명 가운데 1,514명의 사망·실종자를 발생시켰다.

선박사고는 우리가 생각했던 것보다 훨씬 빈번하게 발생하고 있는데, 관련 자료에 의하면 1900년 이후 1,000명 이상의 사망(또는 실종)자가 발생한 사건은 모두 13건에 이른다. 또한, 그동안 우리나라에서도 선박사고로 인한 매우 많은 피해가 발생하고 있다. 다음 Table 1은 100명 이상의 피해가 발생한 국내 선박사고를 정리한 것이다.

세월호 사고 이외에도, 우리나라에서는 매우 많은 선박

**Table 1. The existing state of domestic marine accident (over 100 Casualties)**

Order*	Date of accident	Ship name	Accident place	Number of casualties
1	1953.1.9	Chang-Kyung	Buasn Dadaepo	Death toll: 330 Missing: 32
2	1970.12.15	Nam-Young	Jeonnam Yeosu Sori-island	Death toll: 323
3	2014.4.16	Se-Wol	Jeonnam Jindo	Death toll: 295 Missing: 9
4	1993.10.10	West Sea Ferry	Jeonbuk Buan-gun Wido-myeon	Death toll: 292
5	1963.1.18	Yean	Jeonnam Yeongam-gun Gaji-island	Death toll: 138

\*"Order" represents the number of casualties

**Table 2. The existing state of casualties caused by marine accidents (2009~2013)**

(unit: number)

Year	Number of accident	Number of casualties			
		Death toll	The missing	The wounded	Subtotal
2009	1,815	79	69	217	365
2010	1,627	69	101	102	272
2011	1,809	65	93	166	324
2012	1,573	72	50	163	285
2013	1,093	62	39	206	307
Average Annual	1,583.4	69.4	70.4	170.8	310.6
Sum of 5 Years	7,917	347	352	854	1,553

기인 해양사고가 발생하고 있다. 우리나라의 해양사고 발생현황을 살펴보면(Table 2), 세월호 사고가 발생하기 이전 5년 간('09년~'13년) 연평균 1,583건의 해양사고가 발생하였고, 이로 인해 연평균 310.6명의 인명피해가 발생하였으며(5년간 총 1,553명의 인명피해 발생), 연평균 69.4명이 사망하는 막대한 인명피해가 발생하고 있었다. 그리고 세월호 사고가 포함된 2014년의 경우에는 사망 404명, 실종 63명, 부상 243명으로 총 710명의 인명피해가 발생하였다(해양안전심판원 2015).

선박사고의 피해유형은 해양안전심판원과 IMO의 관련 법규 등을 바탕으로 Table 3과 같은 9개 유형으로 분류된다(김과 콕 2011). 그리고 선박에 의한 해양재난은 발생 시 막대한 피해가 발생하는 사회재난으로, 이에 효과적으로 대응하기 위한 다양한 측면에서의 노력이 요구된다. 그러나 해양재난은 '바다'를 공간적 배경으로 발생하는 사회재난이라는 점에서 적기에 효과적으로 대응하기가 쉽지 않다는 중요한 특징을 갖는다. 선박사고에 효과적으로 대응하기 위해서는 해양의 특성을 정확히 이해해야 하며, 선박사고 구조에 있어 핵심적인 영향을 미치는 요소는 조류, 기상, 수온, 시야확보 등 매우 다양하다. 또한, 해양재난의 경우 사고 직후 몇 시간 이내, 소위 「골든타임(golden time)」 내의 인명구조 활동이 가장 중요한데, 이는 이미 잘 알려져 있는 바와 같이 선체의 침몰로 인해 구조

**Table 3. Type of marine accident**

Accident type	Definition
Collision	An collide between two or more ships or between ship and marine structures
Sinking/Foundering	Having sunk or been sunk beneath the surface (waterlogged is excluded)
Oil spill	The release of a liquid petroleum hydrocarbon into the marine areas
Capsizal	The event of a boat accidentally turning over in the water
Grounding	Unable to move because it is touching ground or in a place where there is very little water
Fire	The fire on board the ship
Explosion	An act or instance of exploding
Engine malfunctions	Failure to function properly which is caused by electronic or mechanical problem
Human casualty	Injury which comes from on board working or life (above-mentioned are excluded)

기회가 사라질 수 있음은 물론, 저체온증에 대응할 수 있는 인간의 생체능력이 그리 길지 않기 때문이다.

특히 세월호 사고발생 내내 초기 재난대응에 대한 문제

는 지속적으로 제기된 이슈였으며, 사고 당시 신속한 초동 대처에 대한 구조 매뉴얼이 작동하지 못해 효과적인 초기 대응에 실패했다는 논의가 많았다(강과 박 2014). 특히 초기대응과 관련하여서는 거의 모든 언론에서 이슈로 제기되었다. 관련 보도에서는 소위 ‘golden time’의 중요성과 초기대응 매뉴얼의 문제, 컨트롤 타워의 문제 등이 집중 보도되었다. 초동대처와 관련하여, 미국의 경우 2013년 미국 해양경비대를 중심으로 ‘Multi-Agency Quick Response Guide for Passenger Vessels’를 구축하고 있으며, 동 가이드라인에서는 구조조정본부뿐만 아니라 선박소유주, 해양경비대, 합동사령부 등 직간접적인 기관들이 사고발생 후 1~4시간 이내에 실행해야 하는 조직별 시행가이드를 구축하고 있다(USCG 2015). 그러나 대부분의 경우 선박 사고에 대응할 수 있는 충분한 시간적 조건을 갖추기 어렵기 때문에 해양재난에 대한 대응수준은 경험에 근거한 인간의 전문성에 의존하는 경향이 있어왔다(Yan et al. 2009).

#### 해양재난 대응 관련 선행연구 논의: 인문사회 관점

세월호 사고 이후 동일주제로는 매우 많은 관련 연구들이 수행되었는데, 관련연구들은 대부분 인문사회 관점에서 수행되고 있다. 특히 관련 연구논문들은 특정주제 영역에 초점을 맞추고 있는데, 첫째, 법적 이슈를 다루고 있는 연구(박 2014a; 백 2014; 홍 2014), 둘째, 사고에 대한 대응 과정에서의 정부역할에 관한 연구(김과 김 2014; 이 2014; 정과 김 2014; 최 2014), 셋째, 사고발생 이후 발생할 수 있는 심리적 문제에 초점을 둔 연구(박 2014b; 손 2014)들이 주로 수행된 바 있다. 이들 주요 연구들의 내용을 분석해보면, 주로 인문사회 관점에서 세월호 사고에서 도출 가능한 사회·정책 이슈들을 대상으로 하여 분석하고, 이를 기반으로 한 합의 도출을 목적으로 한다. 세월호 사고를 대상으로 한 선행연구들 중에서는 이 연구와 같이 세월호 사고를 기반으로 과학기술 관점에서의 이슈를 도출하고 대안을 탐색하는 연구들은 찾기 어렵지만, 해양재난을 주제로 대응방안을 탐색하고 있는 연구들은 일부 찾을 수 있다.

관련연구들 중에서는 주로 해양오염사고 발생시 자치단체의 재난관리체계를 주제로 한 연구들이 있으며(이 등 2010; 이와 박 2008; 현 등 2009), 해양재난 대응체계의 문제를 다루고 있는 연구(강과 박 2014)도 있다. 특히 현 등 (2009)은 재난대응체계 모형을 이용한 비교분석을 이용해 국내 허베이스피리트호 사고와 일본의 나호토카호 사고를 상호 비교하였다. 이 연구에서는 우리나라의 재난대응은 제도적 문제로 인해 지방정부 주도 하의 유관기관 네트워크 형성이 부족한 점과 중앙정부의 관리능력 한계를 재난대응체계의 한계로 지적하고 있다. 유사하게, 이

등 (2010)의 연구는 허베이스피리트호 사례에서 나타난 재난관리행태와 민관협력과정을 위험거버넌스 관점에서 분석하였다. 그리고, 이와 박 (2008)의 연구에서는 씨프린스호 유류유출 사고와 허베이스피리트 유류유출 사고에서 나타난 재난대응 주관부처의 조직학습 양상을 분석하여 재난관리의 효과성 제고를 위한 조직학습 관점의 해결과제를 제시하였다.

해양재난에 따른 대응체계 관점에서 컨트롤 타워의 문제를 다루고 있는 강과 박 (2014)의 연구에서는 AHP 분석 기법을 적용하여 재난대응 컨트롤 타워가 고려해야 하는 매뉴얼의 우선순위를 분석하였으며, 분석결과 현장조치가 다양하고 세부적이며, 탄력적으로 연계성이 있어야 하며, 실제 가장 혹독한 조건에서 적용될 수 있는 민첩성 있는 현장조치의 매뉴얼 개발이 요구된다고 주장하였다. 이상에서 살펴본 바와 같이, 재난을 대상으로 한 기술개발 수요를 확인하고, 현장에 적용하려는 연구는 그리 많지 않다. 물론, 이를 해양재난이 아닌 일반적인 ‘재난’으로 확장하여도 결과는 크게 다르지 않다. 재난과 관련한 대부분의 국내 문헌들은 재난 발생 시 동원해야 하는 재난대응 협력시스템 구축문제를 주요 연구대상으로 삼고 있는 것을 확인할 수 있다(고 등 2012; 류 2008; 양 2008; 이 등 2008; 최 등 2014).

재난에 대한 과학기술적 이슈들이 많은 연구를 통해 다루이지 못하고 있는 근본적인 원인은 이 주제가 주로 ‘과학’적 접근에 따른 전문성을 필요로 하기 때문이다. 그리고 과학분야(주로 이공계) 연구자들은 재난 그 자체를 목적으로 한 연구논문을 작성하기 보다는 재난에 대응할 수 있는 특정한 기술개발을 목적으로 하기 때문으로 판단된다. 즉, 관련 기술들은 재난대응을 위한 기술개발 분야에 연관되어 있지만, 재난대응 이외에도 특정한 기술개발을 주목적으로 하며, 재난에의 활용은 부가적인 목적인 경우가 많다. 특히 대부분의 R&D 이슈의 경우 전문성을 보유하고 있는 연구자들에 의해 이슈가 독점되는 경향이 많으며, 이를 기반으로 발생하는 정보비대칭으로 인해 재난 그 자체에 대한 대응을 위한 기술개발이 이뤄지기 쉽지 않은 경향이 있다.

#### 과학기술 R&D 수요 도출: 전문성에 기인한 정보비대칭

과학기술 수요는 어떻게 결정되는가? 정부가 지원하는 R&D 사업의 최종목표는 사회적 합의에 기인하는가? 특정한 집단이 R&D 이슈 선정에 과도한 영향력을 행사하거나 특정 이익자 집단의 이익만을 대변하지는 않는가? 과학기술분야 연구개발 사업은 소기의 목적을 달성하고 있는가?

세월호 사고에 대한 대응과정에서 가장 많이 접한 서술어는 “...로 인해 접근이 어렵다”이다. “...”의 범주에는

강한 조류, 기상조건, 탁한 시야, 높은 수압 등 다양한 단어들 위치해 있다. 그리고 이들 단어들은 세월호 사고가 발생한 진도해역이 과학자들이 R&D 활동을 수행하는 실험실(수조 등)과 다른 조건에 해당하며, 향후 해양과학기술 분야에서 선박기인 해양재난에 대한 대응을 위해 극복해야 하는 조건에 해당한다. 우리나라는 GDP 대비 비율로 OECD 국가 가운데 가장 많은 R&D를 투자하고 있는 국가이지만, 세월호 사고에 대응하기 위한 과학기술 분야의 기여는 그리 많지 않았다. 해양구난을 위한 구조선은 사고해상에 접근하지 못하였고, 최신 기술이 적용된 ROV 역시 투입되지 못하였다. 그러나 이와 같은 상황이 발생하게 된 것은 과학자들의 무능 또는 과실이 아니다.

R&D 의제의 결정과정은 정책결정과정과 유사한 과정을 거친다. 특히 선박사고와 같은 국가적 재난에 대응하기 위한 R&D의 결정과정 역시 유사하다. 다만, 과학기술 분야 R&D 결정의 경우 과학기술정책이 갖고 있는 본연의 속성인 미래지향성과 불확실성, 재원투입에 대한 성과발생의 장기성 등 일반적인 국가정책의 속성 이외에도 고도의 전문성, 장기 투자의 필요성 등 일반적인 국가정책과의 차별성 역시 보유하고 있다(성 2006). 그리고 특히 정부 R&D 사업은 전문 과학 분야에 대한 고도의 전문성을 필요로 한다는 점에서 정부영역이 효과적으로 통제하기 어렵다는 문제가 있다. 이처럼 R&D 활동이 고도의 전문성을 요한다는 점에서 R&D 보조금을 지원하는 정부영역보다는 과학자들이 R&D 활동에 대한 더 많은 정보를 갖는다는 점에서 정보비대칭(information asymmetry)이 발생하게 되고, 이를 원인으로 한 다양한 문제들이 존재한다(Aboody and Lev 2000). 따라서 R&D를 필요로 하는 정부 또는 기업영역에서는 체계화된 평가체계 구축하거나, R&D를 시행하는 과학자 집단에 대한 다양한 정보를 구축하고 있지만(Healy and Palepu 2001; Liberatore 1987), 이를 통해 정보비대칭 문제를 해결하기는 쉽지 않다.

물론, 정책문제 해결에 있어 가장 효과적인 방법이란 존재하지 않을 것이지만, 다양한 측면에서 정책문제를 효과적으로 해결하기 위한 이론적 방법론이 정책학의 범주에서 다뤄지고 있다. 특히 정책결정과정은 정형화된 절차를 거치지 않고 다양한 형태로 이뤄지지만, 시간의 관점에서 일반적으로 의제형성과정으로부터 시작된다. 그리고 의제형성 단계는 “해결해야 하는 사회문제가 무엇인지”를 식별하는 단계로서 그 중요성이 매우 크다(Dunn 1981). 특히 의제형성 과정에서 정책문제가 누구에 의해 어떻게 정의되는 가는 관련 결정의 성패를 좌우할 수 있는 중요한 사안이다(Shattschneider 1975). 지금까지 과학기술 분야에서 어떤 기술개발 수요가 존재하는지를 결정하는 과정에서는 전문성을 이유로 관련분야 연구자들 중심의 소수 엘리트에 의한 의견이 커다란 영향을 미쳐왔다(홍

2004). 이는 고도로 전문화된 과학기술 분야에서는 해당 분야의 전문성을 보유한 소수의 전문가들에 의해 정보가 독점되는(천과 하 2013) 정보비대칭이 존재하기 때문이다. 또한, 대부분의 전문영역은 그 자체로 세부 학문분야로 철저히 구분되어 있기 때문에 사회문제 해결형 R&D 과제와 같이 융합적 접근을 필요로 하는 혁신활동에는 효과적으로 기능하기 어렵다(송 2013). 즉, 과학기술 이슈, 특히 재난과 관련한 R&D 정책결정은 전문성 영역에서 존재하는 정보비대칭 이슈로 인해 일반적인 국가 R&D 사업의 결정방식인 Bottom-Up 방식으로는 효과적인 사업 구상이 쉽지 않다.

다만, 특정 이슈들에 대한 종합적인 검토를 통한 분석 과정을 통해서 해양재난과 같은 국가 R&D 정책영역에서 존재하는 목표들을 식별하고, 이를 R&D 사업에 대한 정책목표로 제시하는 과정을 통해 그동안 존재해 왔던 R&D 정책결정에 있어서의 정보비대칭 문제가 일부 해소될 수 있다고 판단된다. 물론, 과학기술 정책결정 분야에 있어서의 정보비대칭이 완전히 해소될 것이라고 판단되지는 않는다. 다만, 정책영역에서는 R&D 성과평가 시스템을 통해, 당초 계획된 ‘극복해야 하는 요소’를 제시하고, 과학기술 영역에서는 이를 해소할 수 있는 기술개발이 이뤄진다면, 정보비대칭에 의한 정책오류는 상당부분 줄일 수 있을 것이라고 본다. 따라서 이 연구에서는 세월호 사고를 분석의 대상으로 하여, 인문사회적 방법론을 적용해 정책목표를 설정하고, 이를 기반으로 R&D 사업수요를 창출하는 방식으로 논의를 진행하였다.

### 3. 방법론

이 연구에서는 2가지 과정을 통해 연구를 수행하였다. 첫째는 선박기인 해양재난에 대한 R&D 정책목표를 식별하기 위해, Social Network Analysis(SNA) 방법을 적용한 언론분석을 실시하였으며, 둘째는 도출된 R&D 목표를 달성하기 위해 필요한 연구개발수요를 도출하는 방법이다.

#### R&D 성과목표 도출을 위한 언론분석

R&D 성과목표 도출을 위해 이 연구에서는 세월호 사고가 발생한 2014년 4월 16일~5월 15일(30일) 간의 세월호 관련 신문기사에 대한 Text 분석과 SNA를 이용한 분석을 실시하였다. 이 연구에서 분석대상 기간을 한정된 것은 세월호 사고에서 구조와 관련된 과학기술적 이슈들은 사고발생 1개월 이내에 모두 도출되었다고 판단되었기 때문이다. 사고발생이후 한 달 간의 기간 동안 언론에 보도된 세월호 관련 기사는 모두 96,556건이며, 일평균 3,219건의 기사가 게재되었다. 이 연구에서는 이들 기사들을 검색하여 그 가운데 선박기인 해양재난에 효과적으로

대응하기 위해 필요한 기술개발 수요와 관련된 기사들을 추출하였다.<sup>1)</sup> 기사의 검색은 네이버 뉴스검색을 이용하였으며, 기사검색은 해양정책 분야의 숙련된 연구자 2인에 의해 이뤄졌다.

그리고 추출된 기사들에 대한 내용분석을 위해 이 연구에서는 한국어 Text 분석 프로그램인 KrKwic 프로그램을 사용하였다. 세월호 사고 발생 이후 수많은 언론기사들이 게재되었으며, 이를 단어단위로 정리하기 위한 목적에서 핵심 단어들은 1일 단위로 추출하였다. 이 연구에서 이와 같은 방법을 채택한 것은 1일 단위로 동일 또는 유사한 기사들이 2천 건 이상 발생하였기 때문에, 발생빈도를 세는 것은 의미가 크지 않을 것이라고 판단되었기 때문이다. 관련 기사들 중, 과학기술 이슈와 관련 없는 기사들은 분석에서 제외하였다. 또한, 관련하여 세월호 사고 발생 이후 보도된 언론기사 중에는 진위여부가 확인되지 않은 추측성 보도와 흥미위주의 보도가 다수 언론에 노출되었다. 이 연구에서는 분석대상 기사의 선별 과정에서 과학기술수요와 관련되지 않은 추측성 보도와 흥미위주의 언론 보도는 분석대상에서 제외하였다.<sup>2)</sup> 세월호 사고에서 신문 기사 내용분석을 통해 도출된 키워드는 다음의 Table 4와 같다.

다음으로, 이 연구에서는 선박기인 해양재난에 대한 효과적인 R&D 정책목표 도출을 위해, 각각의 핵심키워드들 간의 단어네트워크 분석을 실시함으로써, 시각화 기법을 이용한 사업수요 이슈를 정리하는 방법을 이용하였다 (Wang and Rada 1998). 예를 들어 관련 기사 중에서는 “사고발생 해역에서의 강한 조류로 인해 잠수사들의 선체 접근이 어려우며, 이를 해결하기 위해서는 무인로봇의 투입이 필요하다”는 기사가 있으며, 이는 Table 4의 기술개

발 수요 관련 키워드 가운데 잠수사, 강한 조류, 무인로봇의 세 단어로 연결된다. 즉, 이는 강한 조류로 인해 잠수사의 접근이 어렵기 때문에 무인로봇 개발이 필요하다는 R&D 수요로 연결되며, 이를 위해 개발되는 무인로봇은 최소한 진도해역과 같은 강조류 상황 하에서 투입이 가능한 수준에서 개발되어야 한다는 것을 의미한다. 이 연구에서는 이와 같은 단어 네트워크의 시각화 작업을 위해 Netminer 4.0 프로그램을 이용하였다.

#### R&D 성과목표 달성을 위한 사업수요 도출

언론분석을 통해 도출된 R&D 성과목표는 인문사회학적 관점에서 ‘언론’이라는 도구를 통해 선박기인 해양재난에서 해결되어야 하는 이슈들이 나열된 것이다. 이후 자세하게 설명할 것이지만 그동안 선박사고와 관련된 효과적인 대응을 위해 많은 기술들이 개발되었으나, 세월호 사고에서 적절하게 적용된 기술은 극히 드물었다. 따라서 세월호 사고에서는 구조를 위해 잠수사들에 완전히 의존해야 했으며, 개발된 기술들이 적용되지 못한 이유는 강한 조류, 기상악화, 수압, 20 cm에 불과한 시정 등이 근본 원인이었다. 또한, 이들 요인들은 효과적인 구조 활동을 위해 반드시 해결되어야 하는 요인들로, 잠수사들의 잠수장비 개선 만으로는 상당한 한계가 존재할 수밖에 없는 근본원인들이기도 하다. 따라서 이 연구에서는 이들 이슈들을 대상으로 과학기술적 관점에서 한계요인들을 해결할 수 있는 기술개발 수요를 도출하였다. 기술개발수요 도출은 실제 해양재난 분야의 연구개발 활동을 수행하고 있는 이공계 연구자들을 대상으로 전문가들의 의견을 구했다. 이때, 관련 전문가들은 대학과 한국해양과학기술원 등 관련 분야에서 실제 기술개발을 수행하고 있는 전문가들을 대상

Table 4. Keywords of demand for technology development

Keyword	Keyword	Keyword	Keyword	Keyword
Diver	Unmanned robot	Bay/Cell	Barge	Trawl
Visual field	Unmanned submarine	Crane	LED	Hypothermia
Water pressure	Submarine	Salvage	Buoyancy	Infrared rays
Golden time	Crabsters	Oil pollution	underwater acoustic system	Off-shore angling
Weather	Dead body loss	Lifeboat	Two boat trawl	Supersonic waves
Strong tide	Decompression chamber	Life jacket	Fishing boat	Control tower
Depth of water	Submarine sickness	Rescue ship	Air pocket	Detector
ROV	PTSD	Diving bell	Drift gill net	Floating dock
Guide line	Panic	Lift bag	Diving gear	Sea pollution

<sup>1)</sup> <http://news.naver.com/main/search/search.nhn?refresh=&so=rel.dsc&stPhoto=&stPaper=&stRelease=&ie=MS949&detail=0&rcsection=&query=%BC%BC%BF%F9%C8%A3&sm=title.basic&pd=4&startDate=2014-04-16&endDate=2014-05-15> Accessed 16 May 2014

<sup>2)</sup> 이를 위하여, 관련 전문가들의 조력을 구하였으며 초기분석 결과는 전문가위원회와 학회발표 과정을 거쳐 수정되었음을 밝힌다.

으로 하였으며, 전문가들은 관련 이슈들에 대하여 최상의 결과를 얻을 수 있는 기술개발 수요를 제안하였다.

#### 4. 분석결과

##### 언론분석 결과

세월호 사고와 관련하여, 언론기사에서 상대적으로 많은 노출이 발생한 단어는 강한 조류, 시야확보 어려움, 잠수사, 수압, 수심 등 이다. 특히 세월호 사고가 발생한 2014년 4월 16일~19일까지는 기상악화로 인해 구조작업에 어려움을 겪었는데, 선박사고는 기상조건과 사고 발생 지역의 조류, 파고, 기온, 수심 등 환경요인에 의해 강하게 영향 받는 구조적 문제를 안고 있기 때문에 효과적인 구조·구난을 위해서는 환경적 요인에 대한 극복이 필수적이다. 선박기인 해양재난에 효과적으로 대응하기 위해 필요한 기술개발 수요와 관련된 기사에서 추출한 핵심 키워드와 SNA 분석결과의 중심성 지수 상위 20개를 제시하면 Table 5와 같다.

Table 5에서 확인되는 바와 같이 기술개발수요 핵심 키워드 가운데 상대적으로 높은 중심성 지수를 갖는 단어는 ‘잠수사’와 ‘시야’, ‘수압’, ‘골든타임<sup>3)</sup>’, ‘기상’, ‘강한 조류’ 등이다. 주지하다시피, 세월호 사고에서는 강한 조류와 기상조건 등의 이유로 잠수사들의 구조작업이 원활히 수행되지 못하였으며, 결과적으로 출입구가 물에 잠긴 이후에는 단 한명의 승객도 구조하지 못했다. 또한, 관련 키워드들은 대부분 잠수사에 의한 구조작업이 원활히 수행되지

못함으로 인해 대안으로 제시된 기술수요들이며, 잠수기술 이외에 언론을 통해 노출된 어떤 기술도 현장에 효과적으로 적용된 기술은 존재하지 않는다. 즉, 언론에 노출된 기사들에서는 구조현장에서 효과적인 구조가 이뤄지지 못한 근본원인으로 제기되고 있는 환경 요인(시야, 조류, 수압, 수심, 기상)에 대한 극복을 위한 대안으로써 각각의 기술들에 대한 탐색이 이뤄졌다. 이를 반영하듯, 핵심 키워드들 간의 단어 네트워크 분석결과에서도 동일한 결과를 확인할 수 있다.

Fig. 1은 핵심키워드 간 단어네트워크 분석 결과이다. 그림에서 노드의 크기는 출현 빈도수에 비례한다. 네트워크 구조에서 확인되는 바와 같이, 세월호 사고의 언론분석 결과 도출된 과학기술 이슈는 크고 작은 세 개의 네트워크로 구성되어 있는 것을 확인할 수 있다. 이들 가운데 가장 큰 네트워크를 갖고 있는 것은 선박기인 해양재난 대응과정에서 발생한 환경요인에 대한 극복과 관련된 것이다. 핵심키워드 가운데 효과적인 재난대응을 위해 극복해야 하는 환경적 요소들은 다섯 가지로 제시되었으며(별표), 이는 시야(visual field), 기상(weather), 강한 조류(strong tide), 수심(depth of water), 수압(water pressure)이다. 그리고 이들 환경요인들을 극복하기 위해 필요한 기술로 제시된 것은 실선 A 영역에 포함되어 있는 기술들(가이드라인, ROV, (무인)잠수정, 크랩스터, 무인로봇)이다. 각각의 요인들 중에서 세월호 사고의 경우 구조작업 과정에서 시야확보가 어려워 겪었던 문제가 다양하게 제기된 만큼, 시야확보가 가능하기 위한 적외선, 초음파, 탐지기,

Table 5. Centrality index of keyword of demand for technology development

Rank	Keyword	Centrality index	Rank	Keyword	Centrality index
1	Diver	0.4318	11	Unmanned submarine	0.1364
2	Visual field	0.2955	12	Submarine	0.1364
3	Water pressure	0.2045	13	Crabsters	0.1364
4	Golden time	0.2045	14	Dead body loss	0.0909
5	Weather	0.1818	15	Decompression chamber	0.0682
6	Strong tide	0.1818	16	Submarine sickness	0.0682
7	Depth of water	0.1591	17	PTSD	0.0455
8	ROV	0.1364	18	Panic	0.0455
9	Guide line	0.1364	19	Bay/Cell	0.0455
10	Unmanned robot	0.1364	20	Rescue Ship	0.0227

<sup>3)</sup>본래 골든타임(golden time)은 국제적인 표준용어는 아니며, 우리나라에서 주로 사용되는 용어이다. 네이버 시사상식사전에서, 골든타임은 프라임타임(prime time)의 다른 명칭으로 시청률이나 청취율이 높아 광고비가 가장 비싼 방송시간대를 가리키는 용어로, 골든아워(golden hour)로도 불린다. 또한, 환경 경제용어사전에서 골든타임은 사고나 사건에서 인명을 구조하기 위한 초반의 중요한 시간(1~2시간)을 지칭하는 용어로도 사용된다. 응급처치법에서 심폐소생술(CPR)은 상황 발생 후 최소 5분에서 최대 10분 내에 시행되어야 한다고 알려져 있으며, 항공사고의 경우 사고발생 직후 90초 안에 승객들을 기내에서 탈출시켜야 한다고 알려져 있다.

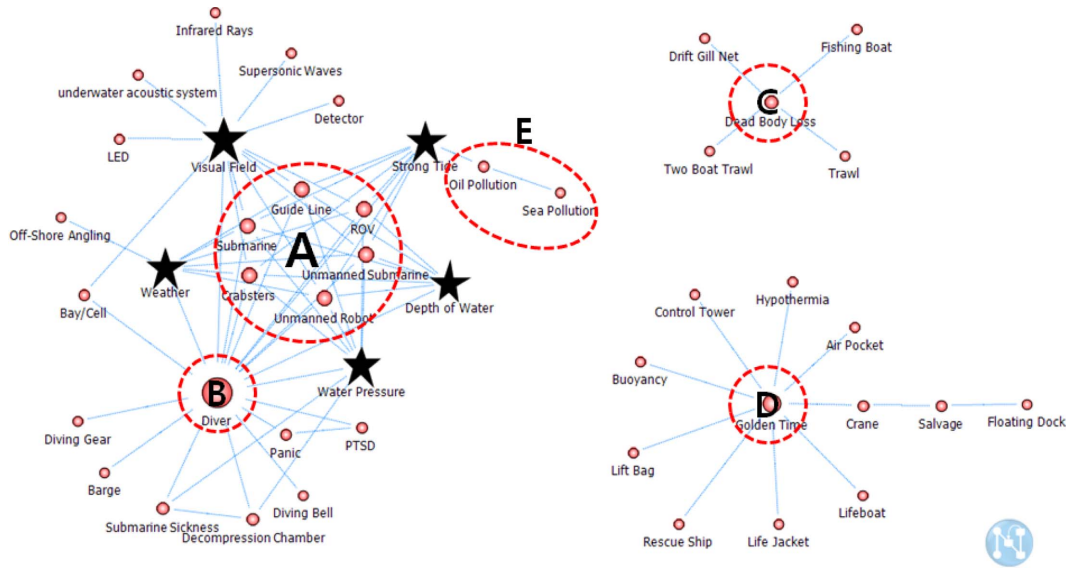


Fig. 1. Semantic network analysis of keyword

수중음향시스템, LED 등의 기술개발 요소들이 제안된 바 있다. 그리고 이들 기술개발 요소들은 환경요인으로 인해 효과적인 구조활동이 난항을 겪으면서, 한번쯤 도입을 검토하였거나, 도입이 필요하다는 의견으로 제시된 바 있다.

키워드 B와 연결되어 있는 네트워크는 잠수사(diver)의 구조 활동과 관련되어 있는 키워드들이다. 과학기술에 근거한 첨단장비들이 투입되지 못하면서, 세월호 사고에서의 모든 구조 활동은 잠수사에 의한 탐색에 전적으로 의존해야만 하는 상황이 발생하였다. 그러나 시간이 지나면서 환경요인에 의해 잠수사들의 구조 활동이 제한되고, 열악한 잠수장비, 수압으로 인한 잠수병, 잠수사들의 공포에 의한 외상 후 스트레스 장애(Post-Traumatic Stress Disorder, PTSD)에 이르기까지 잠수사에 의한 효과적인 구조활동을 어렵게 하는 요소들이 등장하였다. 특히 시간이 지날수록 침몰한 선박 내부의 격실 붕괴 현상이 심화되었으며, 정부는 결국 사례 발생 209일 만인 2014년 11월 11일 세월호 침몰사고 실종자 수색 중단 발표 성명을 발표하기도 하였다.

키워드 C와 연결된 네트워크는 실종자 수색활동이 진행됨에 따라 발생한 시신유실에 대비하기 위한 대처이다. 그러나 이를 위해 도입된 방안들은 주로 어선을 동원한 유자망, 저인망, 쌍끌이, 멸치잡이용 그물망(낭장망) 등 주로 어구들이 이용되었다. 하지만 이들 도구들이 바다에 있는 어류들을 모두 잡을 수 없는 것과 마찬가지로 먼 바다로 유실될 수 있는 실종자들을 놓칠 가능성이 매우 높다.

키워드 D와 연결된 네트워크는 골든타임과 관련된 단어네트워크이다. 앞서 1장과 2장에서 논의한 바와 같이 선박기인 해양재난은 사고의 유형 및 상태에 따라 차이가

있지만, 사고발생 후 신속한 대응이 필수적이다. 이는 해양사고의 경우 낮은 수온으로 인한 저체온증으로 인해 실종자가 바다 속에서 생존할 수 있는 시간이 매우 짧고 바람과 조류에 의해 이동되기 때문이다. 이로 인해 2013년 미국 해안경비대가 대규모 인명구조 활동을 위해 제시한 초기 대응 매뉴얼에서는 사고 발생후 1~4시간 이내에 실행해야 하는 조직별 시행가이드를 강조하고 있다(USCG 2015). 다만 선체의 완전침몰 시간을 연장하고, 실종자의 탐색시간을 벌기 위한 노력으로 선체의 부력을 유지하기 위한 에어포켓 생성과 리프트백의 활용, 구조함을 이용하는 방법, 구명보트와 구명조끼를 이용한 신속한 생존자 구출 등이 주요 키워드로 제시되어 있다.

또한, E 영역에서는 세월호 사고에서 상대적으로 주목을 받지 못한 주제어들이 포함되어 있다. 침몰 선박에서는 적재된 유류, 연료 등이 해상에 유출됨으로써 해양생태계에 악영향을 미치게 되며, 주변 어장을 황폐화 시킬 수 있다. 실제 세월호 사고에서도 유류유출에 의한 문제가 발생하였으나, 구조 이슈에 묻혀 크게 이슈화 되지는 못하였다. 그러나 유류유출은 주변의 해양생태계에 매우 큰 악영향을 미치는 물론, 주변 어장 훼손을 통해 막대한 경제적 손실이 발생시키기 때문에 즉각적인 대응이 필요한 이슈이다.

**선박기인 해양재난 효과적 대응을 위한 기술개발 수요 도출**

앞서의 논의를 정리하면, 선박기인 해양재난에 대한 효과적인 대응을 위해서 필요한 기술요소들을 나열하고, 이를 극복할 수 있는 기술들을 매칭해보면 크게 3범주의 기



Table 6. Category of demand for technology development

Category	Context
Information support about marine environment	<ul style="list-style-type: none"> <li>· provide the integrated marine environment information and forecasting data in real time: it will enhance the marine safety and help faster rescue activity</li> <li>· develop three dimensional search-rescue model and drifting forecasting system: it will helpful to search and rescue of drifter and driftage</li> </ul>
Development of equipment and technology	<ul style="list-style-type: none"> <li>· develop the acoustic holography technique to overcome of poor visual field</li> <li>· develop the acoustic and vibration measuring equipment to detect the underwater survivors</li> <li>· develop the technology to make air pocket to extend the golden time</li> <li>· develop the underwater robot to overcome tidal current, water pressure, water temperature etc.</li> <li>· develop the sinking speed control technique of large carrier ship and develop salvage technology</li> <li>· develop the cutting edge diving gear and diving skills, and professional education</li> </ul>
Field support system	<ul style="list-style-type: none"> <li>· establish the field support system to effectively respond for the marine disaster</li> <li>· train the specialists to act promptly for the marine accident</li> </ul>

술개발이 필요한 것으로 정리된다. 첫째는 해양안전 및 구조 활동을 위해 필요한 해양환경정보의 현황 및 예측정보를 제공함으로써, 조류, 기상, 수온 등 구조 활동을 지원하기 위해 필요한 환경정보 생산에 필요한 기술이다. 이를 통해 선박사고 발생 시 잠수 및 인양을 지원하기 위해 필요한 정보가 제공되며, 이를 기초로 하여 원활한 구조 활동이 가능할 뿐만 아니라, 선박사고로 인한 해상 표류자 및 표류체의 위치를 예측할 수 있는 예측모델 개발이 필요할 것으로 판단된다. 둘째는 극한 환경을 극복할 수 있는 구조물 또는 장비를 개발하는 데 있다. 세월호 사고에서 효과적인 구조 활동을 불가능하게 했던 가장 핵심적인 영향요인은 강한 조류와 시야확보가 어렵다는 점이었으며, 직접적인 구조 활동을 수행하는 잠수사에게 가장 큰 걸림돌은 높은 수압을 극복하는 일이었다. 따라서 향후 효과적인 구조활동을 위해서는 해양의 극한환경을 극복할 수 있는 기술이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 셋째는 해양재난에 효과적으로 대응할 수 있는 신속한 현장지원 시스템 체계를 구축하는 일이다. 해양재난 발생에 대비하기 위한 신속대응팀의 구성과 소요장비 및 운용전술·기술·절차 등을 기반으로 한 최적의 방안을 수립하는 것도 여기에 포함되어야 할 것이다. 이상의 내용을 간략히 정리하면 Table 6과 같다.

#### 해양환경 정보지원 관련 연구개발 수요 도출

세월호 사고에 대한 언론의 보도행태는 주로 사고의 발생과 경과에 초점을 맞추고 있기 때문에 상대적으로 선박사고 발생을 억제하기 위한 노력에 대한 측면은 논의되지 못한 한계가 있다. 그러나 이 연구의 수행과정에서 실시한 전문가 조사결과에 의하면, 관련 전문가들은 선박사고 발생을 억제하고, 피치 못한 선박사고 발생 시 적절한 대처를 위해서는 관련 해양정보의 취득과 활용이 반드시 필요하다는 의견을 제시하였다. 이는 Fig. 1에서 제시된 바 있는 사고해역에서의 불완전한 시야, 기상조건, 조류 등의

외부환경을 통제하는 데 도움을 줄 수 있는 해양환경 정보를 적절하게 취득하는 것을 의미한다. 이와 더불어 사고 이후의 수습과정에서도 지속적으로 발생하는 시신유실 문제가 다양하게 논의된 바 있는데(Fig. 1. 주제어 C와 연결된 네트워크), 이들과 관련한 다양한 연구개발 수요가 존재하는 것을 확인할 수 있다.

우선, 선박기인 해양재난에 대한 대비책으로 가장 중요한 것이 선박 항행위험을 사전에 예방하는 것이라고 한다면, 해양사고의 예방과 관리적 측면에서 선박의 실시간 인식과 항해 위험도 산출 기술에 대한 개발이 필요할 것으로 판단된다. 이와 관련하여서는 그동안 광학/합성개구레이더(Synthetic Aperture Rader, SAR) 위성자료와 선박자동식별시스템(Automatic Identification System, AIS)을 이용한 선박인식기술들이 개발되어 왔다(Curlander and McDonough 1991; Fitch 2012; Kujala et al. 2009; Schwehr and McGillivary 2007; Goerlandt and Kujala 2011). 이와 관련하여 우리나라는 2002년부터 국내 선박의 24시간 모니터링을 위해 해양안전종합정보시스템(General Information Center on Maritime Safety and Security, GICOMS)을 구축·운영하고 있으나, 현재는 선박의 안전운항을 위한 일부 정보(지진, 군사훈련에 대한 문서정보, 단일 인공위성 이미지 중심의 해양기상정보 등)만을 제공하고 있는 한계가 있다(김 등 2008; 안 2015). 그리고 해양교통관제센터에서는 Radar, CCTV, VHF를 이용한 선박통항정보서비스 시스템(Vessel Traffic Service, VTS)이 구축되어 있으나, AIS가 설치된 선박에 대한 한 정적인 모니터링만 이뤄지고 있다.

이처럼 선박의 항행위험 저감과 해양환경 정보지원체계 구축을 위해서는 통합된 해양환경 현황정보는 물론, 예측에 기반을 둔 실시간 제공 시스템 개발 및 구축이 필수적이다. 그러나 이 기술은 신규로 개발해야 하는 것은 아니다. 우리나라는 해양관측을 위한 운용해양예보시스템(Korea Operational Oceanographic System, KOOS)을 구

축하여 시범운영중이며, 이를 기반으로 우리나라 연안과 주변 해양에서의 해황정보를 생산해 왔다. 그리고 이 기술은 각종 해양활동 및 연안재해, 유류오염, 해난사고, 해양오염은 물론, 선박사고 발생 시 정확한 해황현황 정보는 물론 정밀한 수준에서의 예측도 가능한 수준이다. 또한, 이번 세월호 사고에서도 KOOS를 이용한 사고현장해역의 해상상태 현황 및 예측정보를 생산하여 제공해 왔다. 그러나 이 기술은 구조를 위한 목적으로 개발된 것이 아니기 때문에 선박기인 해양재난에 적용하기 위해서는 이에 적합한 추가적인 기술개발이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 이 기술은 해양표류체의 위치를 예측하는 것에도 효과적으로 적용이 가능하다. 실제 세월호 사고에서는 유실된 시신이 사고해역에서 수 km가 떨어진 해역에서 발견된 바 있고, 이들 시신들은 대부분 수면 아래에서 이동하다가 떠오른 경우이다. 수색구조 과정에서 그물망, 유자망, 쌍끌이 등 어업도구들이 사용된 바 있으나, 이들 방법은 우연에 의한 수색방법으로 매우 비효율적이다. 특히, 해양표류체는 바다 표면에서 표류할 수 있으나, 상당부분은 중층 또는 저층으로 이동하는 경우가 많다. 그런데 현재까지의 수색구조를 위한 표류체 표류위치 예측정보는 표층에서의 이동에 집중되어 있어 중층이나 저층에서의 표류체 이동 예측은 연구 초기단계로 평가된다. 이 기술은 유실된 시신의 위치를 예측하기 위한 목적 이외에도, 난파선의 위치, 선박사고로 인해 유실된 컨테이너 등의 위치를 예측하는 것에도 적용할 수 있는 기술이다(강과 Su 1997; 이 등 1999; Burciu 2012; Hackett et al. 2006).

또한 이와 더불어 잠수사에 의한 재난구조와 인양지원을 위한 실시간 해양환경정보(전수심에 대한 유속, 수온, 가시거리 확보 등) 제공기술 개발 역시 필요할 것으로 판단된다. '해양'은 수심에 따라 유속과 수온, 가시거리가 다르기 때문에 구조 현장에 대한 지속적인 해양환경 모니터링이 필요하며, 이를 위해서는 해양관측센서 기반의 해양환경모니터링 기술의 확보가 필요하다. 현재의 해양예보 기술은 세월호 침몰위치와 같이 지형적 특성에 의해 나타나는 해황을 정확히 예측하는 데 한계가 있어 실제 수색구조 지원에 어려움이 있었다. 따라서 실시간 해황자료 확보가 가능한 추가적인 연구개발 수요가 존재한다고 판단된다.

#### 극한환경 극복 관련 연구개발 수요

세월호 사고에서 확인된 바와 같이 선박사고 발생에 대한 효과적인 대응을 위해서는 각 위험요소별로 과학기술적 관점에서의 기술지원이 필요하다. 그리고 앞서 실시한 언론분석 결과에서 제기된 바와 같이 강한조류와 불량한 시정, 기상환경 악화 상황 하에서도 효과적인 대응이 가능하기 위해서는 과학기술의 도움이 절실히 필요한 상황이

다(Fig. 1의 A). 특히 현재까지 침몰선박에서 실종자를 구조할 수 있는 현실적인 방법이 잠수사를 통한 방법이고, 이외의 방법을 발전시키기 위한 시간이 필요한 점을 감안하면, 잠수사의 효과적인 활동을 지원하기 위한 단기적 방안과 구조용 로봇 개발 등의 장기적 방안을 동시에 강구할 필요가 있을 것으로 판단된다.

첫째, 앞서 언론분석 결과에서는 세월호 사고의 대응과정에서 발생한 다양한 한계들이 제시된 바 있다(Fig. 1의 A). 그리고 단기적 관점에서는 잠수사를 통한 효과적인 구조 활동을 지원하기 위한 방안으로 잠수사들이 안정적으로 구조 활동을 수행하기 위해 필요한 요소들을 지원할 수 있는 기술개발수요가 존재한다. 우리나라는 1980년대 이후 국내 조선·해양산업의 발달과 더불어 다수의 산업잠수 전문기업들이 활동 중이고, 1994년 서해 횡리호 침몰, 2010년 천안함 피격, 고속정 침몰사고 등 대형 해양재난 상황을 겪으면서 심해잠수 및 수중작업과 관련한 세계적 수준에서의 전문인력 및 경험을 보유하고 있다. 그러나 세월호 사고에서 효과적인 구조 활동에 어려움을 겪었던 것은 잠수기술 그 자체 보다는 사고해역에서의 불량시정 문제를 극복하지 못했던 영향도 크다. 특히 우리나라의 동해와 남해는 수중 시정이 불량하다고 하기 어려우나, 세월호 사고가 발생한 서해는 대부분 수중 시정이 불량하기 때문에, 구조 또는 작업을 위해 투입된 잠수사들은 양손의 촉감에 의존하여 주변환경 및 물체를 인식하고 있는 실정이다. 따라서 이를 극복할 수 있는 방안으로 현재 시점에서 수중음향기술을 이용하는 방법이 현실적인 대안이 될 수 있을 것으로 판단된다. 이때, 음향기술을 이용하는 방법은 음향가시화체계 개발을 통해 시정이 불량한 수중 또는 침몰 선박 내에서 활동하는 잠수사에게 장애물, 구조물, 익수자 등의 형상정보를 제공하는 방법이다. 전방시현장치를 적용한 잠수마스크를 착용한 잠수사에게 제공되는 형상정보는 효과적인 구조 활동을 수행할 수 있다. 또한, 음향가시화 기술은 수중에 국한되지 않고 비파괴탐사와 같은 다양한 상황에서 폭넓게 적용될 수 있는 기술이며, 우리나라는 조선분야 세계 제1위에 해당해 다양한 측면에서의 산업적 활용성도 매우 높은 편이다. 또한, 수중 생존자를 탐지하기 위한 청음시스템 개발 역시 음향을 이용한 구조 활동을 지원할 수 있는 기술이다. 사고선박 선체 내부에 생존자가 있을 가능성을 탐지하기 위해, 선체 외벽에 부착형 수중청음기를 부착하고, 선체 내부에서 발생하는 소리를 수집함으로써 수중생존자를 확인하고, 신속한 구조 활동을 지원할 수 있다. 이를 위한 대부분의 기술들은 이미 개발되어 있으며, 해양에 적용하기 위한 수중모뎀과 수중마이크를 이용한 양방향 음향통신을 지원함으로써, 생존자의 위치를 확인하고, 선체 내부에 음성을 전달함으로써 생존자의 생존의지를 지원할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 많은 인명과 손실을 가져온 세월호 사고를 분석하면, 잠수사와 관련된 연관 키워드들이 등장하며, 이들은 주로 잠수장비와 관련되어 있다(Fig. 1의 B). 즉, 안전하고 효율적 해난구조가 가능한 잠수기술과 잠수정 등의 표준장비 개발은 물론, 잠수 보조선에 탑재할 표준장비 개발이 필요하다. 그리고 해외에서는 일반적으로 해난구조 영역은 고부가가치 산업으로 인식되고 있으며, 특히 심해 해난구조는 기술장벽이 높아 그 가치가 매우 높기 때문에 산업으로서의 가치도 충분하다. 그러나 해양재난을 대비하기 위한 국내 잠수장비 개발 시장은 매우 영세하며, 관련 기술에 대한 연구개발이 충분히 이뤄지지 못하고 있는 대표적인 시장실패 영역이다. 특히 과거 천안함 구조 현장에서는 물론, 세월호 사고에서도 구조작업에 참여한 잠수사들이 사망하는 사고가 발생하였는데, 이는 사전준비, 현장 운용·관리에 대한 충분한 기술개발이 이뤄지지 못한 데 원인이 있다. 외국의 경우 장비의 사양·규격은 물론, 운영에 대한 표준지침이 정립되어 있어 이를 엄격히 적용하고 있다. 따라서 이와 관련된 연구개발은 현재 문제가 되고 있는 해난구조 시의 잠수기술, 장비개발에 있어 핵심적인 내용이 되며, 또한, 향후 심해 해난구조 기술 확보에 있어 초석이 될 것으로 판단된다.

셋째, 수중로봇 개발기술을 통해 선내 생존자 수색 및 잠수사의 활동지원이 필요할 것으로 판단된다. 세월호 사고에서는 수중구조 지원을 위한 로봇의 일종인 ROV와 그래프터 등 그간 개발된 기술의 적용을 시도하였으나, 사고해역의 강한 조류로 인해 접근이 불가능하여 효과적인 지원이 이뤄지지 못하였다. 그러나 잠수사에 비해 장시간 구조활동이 가능한 수중로봇의 개발이 이뤄진다면, 훨씬 효과적인 구조활동이 가능할 것은 분명하다. 그러나 현재까지 개발되어 있는 수중로봇 기술은 대부분 세월호 선내와 같은 복잡한 공간에 적용하기 어렵다는 점에서 한계가 존재한다. 수중로봇을 통한 효과적인 구조작업지원을 위해서는 미로와 같은 복잡한 구조물을 스스로 해결할 수 있는 미로해결 로봇기술의 개발이 필요하며, 이 기술은 다양한 측면에서 개발되고 있다. 그러나 미로해결 로봇의 경우 현재 산업계에서 요구되어 개발되고 있는 사례는 없으며, 로봇 대회를 위해 개발되고 경쟁하면서 기술 발전이 이뤄지고 있다. 이와 관련해 우리나라 카이스트에서는 거북형상을 모방한 KAURO를 개발하여 AUVSI(Association for Unmanned Vehicle Systems International)와 미국 ONR(Office of Naval Research)에서 공동 주최한 국제 RoboSub Competition에 참가하였다(김 등 2011).

이외에도 유사하게 한국해양과학기술원과 서울대학교, (주)두베시스템은 수중항만구조물 점검용 로봇을 수심 20 m 이상에서도 수중 항만구조물의 점검이 가능하도록 개발하고 있으며, 한국원자력연구원은 고 방사선 지역의

수중영상 촬영을 위한 원자로 검사용 수중로봇을 2009년 개발해 이용 중이다. 이외에도 해양수산부는 해양광물탐사를 목적으로 ‘해미래’와 ‘이심이’ 등을 개발하였고, 이 로봇에는 초음파 센서와 고해상도 카메라 등이 장착되어 있다. 그러나 기존에 개발된 수중 로봇들은 구조용 로봇이 아니거나, 중대형 크기로 선내 투입 및 수색에 적용하는 것이 어려운 실정이다. 수중로봇이 수중구조작업에 효과적으로 활용될 수 있기 위해서는 ① 침몰선박과 같은 복잡한 구조물을 스스로 해결할 수 있는 추진력과 관련 기술이 탑재되어야 하며, ② GIS 기반 실내위치서비스기술 적용을 통해 선내 수색과 생존자 위치정보 제공 기술, ③ 준 실시간 생존자 위치 및 접근경로 제공기술이 통합적으로 제공되어야 할 것으로 판단된다. 또한, 이와 같은 기술은 선박사고 대응을 위한 목적뿐만 아니라, 국방 및 해양 플랜트 유지 점검 기술로 파생할 수 있어, 조선·해양의 다양한 산업영역에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

#### 현장지원체계 구축

세월호 사고는 물론, 과거의 천안함 피폭, 태안 유류오염사고, 해일발생 등 각종 해양재해 및 재난상황발생에 있어, 문제로 제기된 부분 가운데 하나는 초기대응과 관련된 측면이다. 세월호 사고 발생 초기 특히 많은 문제제기가 이뤄진 부분은 사고발생 초기의 골든타임에 대한 효과적인 대처가 어려웠다는 것이다(Fig. 1의 D). 여기에는 재난에 대비하기 위해 사전에 구축되어 있어야 할 컨트롤 타워의 부재, 현장지휘체계의 혼선, 적합한 구조구난 자원의 신속동원 실패 및 유관기관 간의 협업체계 미비 등 다양한 문제제기가 이뤄졌다. 현장지원체계에는 이와 같이 발생 가능한 재해·재난 유형별 현장환경을 효과적으로 실시간 관측하기 위한 신속대응팀 구성, 소요장비 및 운용기술, 기술, 절차(Tactics, Techniques and Procedures, TTP) 등에 대한 최적방안 수립이 포함된다. 그리고 다양한 해양재해 및 사고 유형별 원인과 대응방법에 대한 체계적인 교육과 체험, 훈련과 연습을 통해 긴급 상황 발생시 신속한 대처를 통해 인명과 재산을 보호할 수 있는 안전교육 체계 구축 역시 여기에 포함될 수 있다.

현재 우리나라는 해군 해난구조대 및 특수전여단 등을 운영 중이며, 이들은 그간의 다양한 해양재난상황을 겪으며 실전경험을 축적하고 있다. 특히 1998년 남해에서 격침된 북한 반잠수정 인양 과정에서 수심 147 m까지 도달하는 포화잠수 세계신기록을 수립하는 등 심해 잠수 및 수중작업과 관련한 세계적 수준의 전문인력 및 경험을 보유하고 있다. 그러나 대형 해난사고 발생 시 민·관·군에 산재되어 있는 다수의 전문인력과 장비들을 신속히 결집시킬 수 있는 기술적 통제기능은 거의 전무한 상태이다. 반면 미국과 영국, 프랑스 등의 선진국들은 정부와 민간

전문가들로 구성된 범정부 차원의 강력한 재난관리 컨트롤 타워를 구축하여 재난 관련 정보를 수집하고, 기술통제를 위한 다양한 기술개발 활동을 지휘하고 있다. 따라서 향후 해양구조와 방재 등 해양재난에 대비하기 위해 유관 기관 간 해양과학 '기술' 중심이 실질적인 공조체계를 구축·운영해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론 및 함의

이 연구의 목적은 선박사고 기인 해양재난 피해축소를 위한 과학기술개발 수요를 도출하는 것이다. 연구목적 달성을 위해 이 연구에서는 세월호 사고에 대해 언론에서 제기된 과학기술적 이슈들에 대한 내용분석과 SNA를 이용한 시각화를 통해 인문사회과학적 관점에서 제기되고 있는 세월호 사고의 해양과학 기술개발 수요를 도출하였다. 이와 같은 과정이 중요한 것은, 해양재난 대응과 같은 국가재난에 대처하기 위한 과학기술 R&D 사업은 Bottom-Up 방식 보다는 Top-Down 방식에 근거한 성과목표의 설정과, 이를 해결하기 위한 과학기술 분야의 노력이 필요하다고 판단되기 때문이다. 이는 일반적으로 과학기술의 영역은 고도의 전문성을 필요로 하기 때문에 연구자들이 더 많은 정보를 갖는 정보비대칭 상황이 발생할 수 있고, 이를 극복하기 위한 지혜를 모으는 것이 중요할 것이기 때문이다.

특히, 앞서 2장에서 살펴본 바와 같이, 해양재난은 물론, 일반적인 재난에 대한 인문사회과학적 관점에서의 연구들은 기술개발 수요를 확인하고, 현장에 적용하려는 연구주체는 극히 드물게 수행되고 있으며, 이는 과학기술정책의 관점에서 향후 관련 연구자들의 더 많은 관심과 노력이 필요한 부분이다. 이처럼 인문사회과학 분야에서 기술개발 그 자체를 대상으로 한 연구들이 수행되지 못하고 있는 것은 과학기술이 갖는 고도의 전문성에 기인하며, 효과·효율적 과학기술 정책개발을 위해서는 이를 극복할 수 있는 대안마련이 필요하다. 따라서 이 연구에서는 언론보도라는 종합된 지식을 이용해 세월호 사고에서의 해양과학기술 개발수요를 도출하였다.

이 연구에서 실시한 언론분석 결과 선박기인 해양재난에 대응하기 위한 기술개발 수요는 크게 세 가지 범주로 구분되었다. 첫째는 해양환경 정보지원 분야로, 해양안전 및 신속한 구조활동을 위해 필요한 해양환경 현황정보와 예측정보를 정확히 제공하기 위한 기술개발 분야이며, 둘째는 불량한 시정, 조류, 수압 등 효과적인 구조활동을 어렵게 했던 극한환경을 극복하기 위한 기술개발 분야로, 잠수사의 구조 활동을 돕거나, 수중로봇을 이용한 구조 활동 지원을 위한 기술개발 분야이다. 그리고 마지막 셋째는 현장지원체계로, 효과적인 해양재난에 대응하기 위한 컨트롤

타워의 구성, 기술 통제를 위한 기술개발 수요가 포함되어 있다. 또한, 이들 각각의 기술개발 수요들은 현재까지 없던 기술을 신규로 개발해야 하거나, 개발된 기술이 오로지 선박기인 해양재난 대응에만 사용될 수 있는 기술이 아니라는 점도 매우 중요한 측면이다. 현재까지 해양과학기술 분야에서는 다양한 관측 장비의 개발은 물론, 조선해양 산업개발을 위한 잠수기술 및 장비기술, 심해탐사를 위한 ROV와 광물자원 개발을 목적으로 한 수중로봇 기술 등이 개발되었거나 개발 중이다. 이들 기술들은 해양재난 대응 그 자체를 목적으로 하지는 않지만, 일부 기술개발을 통해 해양재난에 효과적으로 적용할 수 있는 기술이기도 하다. 다만, 이들 기술들을 현장에 적용하기 위한 기술의 보완 수준은 세월호 사고해역과 같은 극한환경에서 적용 가능한 수준이어야 할 것이다. 또한, 이를 통해 개발된 기술들은 향후 우리나라가 조선, 해양플랜트는 물론, 해양관측 및 예측 등 관련 해양과학기술을 발전시키는 데 핵심적인 역할을 할 수 있을 것으로 예상되므로, 관련한 기술개발에 대한 적극적인 투자가 필요할 것으로 본다.

## 사 사

이 연구는 한국해양과학기술원의 2015년 기관 주요사업인 해양강국 실현을 위한 해양수산 선진화 전략(PE99336)의 지원을 받아 수행되었습니다. 논문을 세심하게 검토해 주신 익명의 평가위원님들께 감사드립니다. 아울러, 이 연구는 2015년 한국정책학회 춘계학술대회와 2015년 해양환경안전학회 춘계학술발표회에서 발표된 논문을 수정·보완한 것임을 밝힙니다.

## 참고문헌

- 강신영, Su TC (1997) 인체의 표류특성에 관한 연구. 해양환경안전학회지 3(1):85-92
- 강오성, 박홍균 (2014) 해양재난에 따른 컨트롤 타워의 매뉴얼 우선순위 분석. 해운물류연구 30(4):897-918
- 고기봉, 이시영, 채진 (2012) 소방의 재난대응체계 개선방안에 관한 연구: 춘천시 신복을 산사태 대응사례를 중심으로. 한국화재소방학회논문지 26(2):17-31
- 김동진, 곽수용 (2011) 국내 해양선박사고의 인적 오류의 요인 평가. 대한인간공학회지 30(1):87-98
- 김동훈, 김덕용, 이도현, 명현 (2011) 지능 수중 로봇 연구 활성화와 기술 교류 국외 사례-국제 수중 로봇 대회 참가기. 전자공학회지 38(7):553-557
- 김병섭, 김정인 (2014) 관료 무책임성의 재해석: 세월호 사고를 중심으로. 한국행정학보 48(3):99-120
- 김창민, 정재용, 김철승 (2008) 선박자동식별장치(AIS) 기반 해상교통량 조사·분석 시스템 개발에 관한 연구 논문. In:

- 해양환경안전학회 2008년도 춘계학술발표회, 목포해양대학교, 목포, 2008년 11월 27-28일, pp 173-176
- 류상일 (2008) 지방자치단체의 재난대응 네트워크 분석. 한국지방자치학회보 **20(1)**:3-70
- 박상식 (2014a) 세월호 선장에 대한 미필적 고의의 적용 여부에 관한 연구. 법학연구 **22(4)**:105-130
- 박영혜 (2014b) 재난 가족 개입의 경험과 과제: 세월호 피해 가족을 중심으로. 가족정책포럼 **3**:83-95
- 백옥선 (2014) 해상재난관리체계의 법적 문제점과 개선방안-여객선 세월호 침몰사건을 중심으로. 중앙법학 **16(2)**:7-52
- 성지은 (2006) 과학기술정책결정구조의 변화: 참여정부 과학기술행정체제개편을 중심으로. 행정논총 **44(1)**:243-264
- 손승희 (2014) 사회적 사건에 의한 청소년의 간접외상 및 관련요인 연구: 세월호 사건을 중심으로. 청소년학연구 **21(10)**:269-294
- 송위진 (2013) 사회·기술시스템론과 과학기술혁신정책. 기술혁신학회지 **16(1)**:156-175
- 안광 (2015) E-navigation 을 활용한 해상교통관리체계 개선방안에 관한 연구. 해양환경안전학회지 **21(2)**:164-170
- 양기근 (2008) 효율적 재난대응을 위한 재난현장지휘체계의 개선방안: 한국과 미국의 비교론적 관점. 사회과학연구 경희대학교 사회과학연구원 **34(3)**:81-104
- 이명석, 오수길, 배재현, 양제진 (2008) 재난대응 거버넌스 분석-민간자원봉사네트워크를 중심으로. 한국정책학회보 **17(3)**:163-189
- 이문진, 공인영, 강창구 (1999) 해상 수색구조를 위한 표류지점 신속추정모델 연구. 한국해양환경·에너지학회지 **2(2)**:78-85
- 이병기, 김건위, 현승현 (2010) 위험거버넌스 관점에서 본 해양오염사고의 재난관리행태 분석. 한국정책학회보 **19(4)**:353-378
- 이선영 (2014) 행정 책임성에 관한 연구: 일본의 설명책임과 한국의 개인책임 비교분석을 통해 본 세월호 참사. 정부와 정책 **7(1)**:99-120
- 이영미, 박순애 (2008) 조직학습 실패 사례를 통한 재난관리의 효과성 제고 방안: 해양 유류유출 사례를 중심으로. 한국사회와 행정연구 **19(3)**:25-53
- 정우성, 김태진 (2014) 세월호 사건 대처과정에서 정부의 역할: 메타거버넌스적 관점의 적용. In: 2014년 한국정책학회 추계학술대회 발표논문집, 더케이호텔 서울, 2014년 9월 19일, pp 185-197
- 천세봉, 하연섭 (2013) 과학기술정책 거버넌스 변동에 관한 신제도주의 분석: 노무현 정부와 이명박 정부를 중심으로. 한국정책학회보 **22(4)**:87-113
- 최병선 (2014) 박근혜 정부 규제개혁 성공의 조건: 세월호 참사 이후 규제개혁의 진로. 한국행정포럼 **145**:10-13
- 최수영, 강수명, 김진만, 오은호, 조명희 (2014) 재난대응의 사결정 지원을 위한 인벤토리 통합 관리 시스템 구축방안. 한국지리정보학회지 **17(4)**:179-188
- 해양안전심판원 (2015) 통계연보 <http://data.kmst.go.kr/kmst/statistics/annualReport/selectAnnualReportList.do#a> Accessed 7 Dec 2015
- 현승현, 이병기, 김건위, 추병주 (2009) 지방정부의 재난대응 체계에 관한 비교 연구: 한국과 일본의 해양오염사고 사례를 중심으로. 한국행정학보 **43(3)**:273-306
- 홍성만 (2004) 과학기술정책에서 신거버넌스의 대두: 시민참여적 프로그램의 활성화. In: 2004년 한국행정학회 동계 학술대회 발표논문집, 성균관대학교, 서울, 2004년 12월 10-11일, pp 262-281
- 홍완식 (2014) 세월호 사고에 관한 입법적 성찰. 법학연구 **56**:327-348
- KOSIS (2015) 자동차 등록대수. [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT\\_MLTM\\_1244&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=116\\_11615&seqNo=&lang\\_mode=ko&language=kor&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=E1#](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT_MLTM_1244&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=116_11615&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1#) Accessed 26 Feb 2015
- Aboudy D, Lev B (2000) Information asymmetry, R&D, and insider gains. J Financ **55(6)**:2747-2766
- Burciu Z (2012) Reliability and uncertainty in determining search area during Search-and Rescue action. Pol Marit Res **19(1)**:21-30
- Curlander JC, McDonough RN (1991) Synthetic aperture radar: systems and signal processing. John Wiley & Sons, New York, 672 p
- Dunn WN (1981) Public policy analysis: an introduction. Pearson, New Jersey, 388 p
- Fitch JP (2012) Synthetic aperture radar. Springer Science & Business Media. New York, 170 p
- Goerlandt F, Kujala P (2011) Traffic simulation based ship collision probability modeling. Reliab Eng Syst Safe **96(1)**:91-107
- Grech MR, Horberry T, Smith A (2002) Human error in maritime operations: analyses of accident reports using the leximancer tool. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, SAGE Publications, **46(19)**:1718-1721
- Hackett B, Breivik Ø, Wettre C (2006) Forecasting the drift of objects and substances in the ocean. In: Chassignet EP, Verron J (eds) Ocean weather forecasting. Springer, Netherlands, pp 507-523
- Healy PM, Palepu KG (2001) Information asymmetry, corporate disclosure, and the capital markets: a review of the empirical disclosure literature. J Account Econ **31(1)**:405-440
- IMO (1994) World maritime day 1994: better standards, training and certification-IMO's response to human error. IMO News **3**:1-12

- Kujala P, Hänninen M, Arola T, Ylitalo J (2009) Analysis of the marine traffic safety in the Gulf of Finland. *Reliab Eng Syst Safe* **94**(8):1349–1357
- Liberatore MJ (1987) An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. *IEEE T Eng Manage* **34**(1):12–18
- Marriott J (1987) Disaster at sea. Ian Allan, Surrey, 176 p
- Perez AR, Antonio CA, Consunji RJ (2011) The sinking of the MV Doña Paz - a critique on maritime disaster preparedness in the Philippines: an analysis of the event. *Acta Medica Philipp* **45**(3):1–5
- Rothblum AM (2000) Human error and marine safety. In: National safety council congress and Expo, Orlando, 13–20 Oct 2000
- Schattschneider EE (1975) *The Semisovereign People*. Wadsworth Publishing, Boston, 145 p
- Schwehr KD, McGillivray P (2007) Marine Ship Automatic Identification System (AIS) for enhanced coastal security capabilities: an oil spill tracking application. In: Proceedings of the 2007 Oceans conference, IEEE, Vancouver, 4 Sep 2007, pp 1–9
- USCG (2015) Multi-Agency Quick Response Guide for Passenger Vessels. United States Coast Guard. <http://www.uscg.mil/hq/cg5/cg534/MassRescueOps/MROD17QuickStartGuide.pdf> Accessed 01 Mar 2015
- Wang, W, Rada R (1998) Structured hypertext with domain semantics. *Acm T Inform Syst* **16**(4):372–412
- Yan L, Jinsong B, Xiaofeng H, Ye J (2009) A heuristic project scheduling approach for quick response to maritime disaster rescue. *Int J Proj Manag* **27**(6):620–628
- system to support decision making for disaster response. *J Korean Assoc Geo Inform Stud* **17**(4):179–188 (in Korean)
- Chon S, Ha Y (2013) A new institutional analysis of science and technology policy governance change: The cases of Rho Moo-hyun and Lee Myung-bak Administrations. *Korean Pol Stud Rev* **22**(4):87–113 (in Korean)
- Hong SM (2004) New-governance in science and technology policy: stigmatization of participatory civil program. In: 2004 KAPA winter conference, Sunkyunkwan University, Seoul, 10–11 Dec 2004, pp 262–281 (in Korean)
- Hong WS (2014) Legislative review on the Sewol Ferry Disaster. *Law Rev* **56**:327–348 (in Korean)
- Hyun SH, Lee BK, Kim KW, Chu BJ (2009) A comparative study on emergency system of local government: focus on the marine environmental damage by oil pollution in South Korea and Japan. *Korean Public Admin Rev* **43**(3):273–306 (in Korean)
- Jung WS, Kim TJ (2014) The role of government in the Sewol accident: Perspective of metagovernance. In: 2014 the Korean Association for Policy Studies Conference, The-K Hotel, Seoul, 19 Sep 2014, pp 185–197
- Kang OS, Park HG (2014) Fuzzy-AHP analysis of control tower' procedure to marine disaster. *J Ship Logist* **30**(4):897–918 (in Korean)
- Kang SY, Su TC (1997) A study on the drift characteristics of person-in-water. *J Korean Soc Mar Environ Saf* **3**(1):85–92 (in Korean)
- Kim BS, Kim JI (2014) Re-interpretation of bureaucrat irresponsibility: case of Sewol accident. *Korean Public Admin Rev* **48**(3):99–120 (in Korean)
- Kim CM, Jeong JY, Kim CS (2008) A study on the development of the marine traffic analysis system based on Automatic Identification System. In: 2008 KOSOMES Spring Conference, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 27–28 Nov 2008, pp 173–176 (in Korean)
- Kim DH, Kim DY, Lee DH, Myoung H (2011) Promoting of intelligent underwater robot research and technology exchange case: visiting report of international underwater robot competition. *MAG IEEK* **38**(7):553–557
- Kim DJ, Kwak SY (2011) Evaluation of human factors in ship accidents in the domestic sea. *J Erg Soc of Korea* **30**(1):87–98 (in Korean)
- Ko GB, Lee SY, Chae J (2012) A study on improvement of disaster response system in the firefighting organization: focused on landslide case in Sinbuk-eup, Chuncheon-city. *Fire Sci Eng* **26**(2):17–31 (in Korean)
- Korea Maritime Safety Tribunal (2015) Marine accidents statistics <http://data.kmst.go.kr/kmst/statistics/annualReport/>

#### 국문 참고자료의 영어 표기

#### English translation / Romanization of references originally written in Korean

- An K (2015) A Study on the Improvement of maritime traffic management by introducing e-navigation. *J Korean Soc Mar Envir Saf* **21**(2):164–170 (in Korean)
- Baek OS (2014) The legal problem and the improvement of the disaster management system at sea: focused on the SEWOL passenger ship case. *Chung-Ang Law Rev* **16**(2):7–52 (in Korean)
- Choi BS (2014) The conditions for success of Park administration's regulation innovation: the road of regulation innovation after the Sewol Ferry Disaster. *Korea Admin Forum* **145**:10–13 (in Korean)
- Choi SY, Gang SM, Kim JM, Oh EH, Jo MH (2014) A development plan for integrated inventory management

- selectAnnualReportList.do#a Accessed 7 Dec 2015 (in Korean)
- KOSIS (2015) Number of car registration [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT\\_MLTM\\_1244&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=116\\_11615&seqNo=&lang\\_mode=ko&language=kor&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=E1#](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=116&tblId=DT_MLTM_1244&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=116_11615&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=E1#) Accessed 26 Feb 2015 (in Korean)
- Lee BK, Kim KW, Hyun SH (2010) Analysis of emergency management system and behavior by oil pollution accident of Hebei Spirit: Based on the risk Governance model. *Korean Policy Stud Rev* **19**(4):353–378 (in Korean)
- Lee M, Gong IY, Kang CG (1999) Tracking model of drifted ships for search and rescue. *J Korean Soc Mar Env Ene* **2**(2):78–85 (in Korean)
- Lee MS, Oh SG, Bae JH, Yang SJ (2008) Analyzing governance of emergency response: With emphasis on civil volunteer networks. *Korean Policy Stud Rev* **17**(3):163–189 (in Korean)
- Lee SY (2014) Public accountability of the Sewol Ferry case: Comparative analysis of the Korean individual ministerial responsibility and accountability in Japan. *J Govt Policy* **7**(1):99–120 (in Korean)
- Lee YM, Park SA (2008) Effective disaster management and organizational learning: A comparative study of oil spill accidents. *Korean Soc Public Admin* **19**(3):25–53 (in Korean)
- Park SS (2014a) A study on application of willful negligence of Sewol Ferry's captain. *Law Rev* **22**(4):105–130 (in Korean)
- Park YH (2014b) The experience and future task for the surviving family: the case of Sewol Ferry Disaster. *Family Policy Forum* **3**:83–95 (in Korean)
- Ryu SI (2008) Network analysis of the disaster response systems in local government. *J Local Govt Stud* **20**(1):3–70 (in Korean)
- Seong JE (2006) The change of S&T policy-making structure in the Rho Moo-Hyun Government. *Korean J Public Admin* **44**(1):243–264 (in Korean)
- Seung SH (2014) Study of indirect trauma and related variables by social traumatic event to the adolescence: Focusing on the Sewol Ferry Disaster. *Korean J Youth Stud* **21**(10):269–294 (in Korean)
- Song WJ (2013) Socio-technical systems approach and innovation policy. *J Korea Technol Innov Soc* **16**(1):156–175 (in Korean)
- Yang GG (2008) Improvement of the command system at the disaster site for effective countermeasures for disasters: Centered on comparison with USA. *J Soc Sci(Kyung Hee University)* **34**(3):81–104 (in Korean)

---

*Received Jul. 23, 2015*

*Revised Oct. 21, 2015*

*Accepted Dec. 9, 2015*