

Research Paper

해양 유류유출 오염으로 인한 사회·경제적 민감자원 선정 및 지수화 방안

노영희·김충기

한국환경정책·평가연구원

Methodology for Selection and Sensitivity Index of Socio-economic Resources for Marine Oil Spill Incidents

Young-Hee Roh · Choong-Ki Kim

Korea Environment Institute

요약 : 유류의 해상운송은 필수 불가결한 요소이기 때문에 이로 인한 해양 유류유출 사고는 지속적으로 발생하고 있다. 유류유출을 미연에 방지하는 시스템의 구축도 중요하지만, 불가피하게 사고가 발생하였다면 어떻게 대처할 것인가에 대한 체계적인 대안 마련이 필요하다. 지금까지는 유류유출로 인한 환경적 민감자원들에 대한 대응 및 지원 방안 연구가 주를 이루었다면, 이제는 지역 주민의 삶의 터전을 구성하는 사회·경제적 민감자원에 대한 피해 평가까지 확장하여 연구할 필요가 있다.

본 연구는 해양 유류유출로 인한 사회·경제적 민감자원 평가를 위한 일련의 분석 프레임워크를 구축하기 위한 과정으로, 우리나라의 실정에 맞는 사회·경제적 민감자원을 파악하고 지수화하는 방안을 제안한다. 기존의 민감자원 선정 사례를 정리하여 우리나라에 맞는 민감자원 선정 대안을 제시하는 것도 중요하지만 다양한 지표들 가운데 평가를 위해 실제 분석에서 가용한 데이터를 고려하여야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 기존의 선정 대안 및 지수화, 사회영향평가 등 다양한 연구들을 기반으로 하여 사회·경제적 민감자원을 수산물 획득, 인구, 토지이용, 관리지역, 문화유산 및 관광지로 구분하였다.

주요어 : 해양오염, 유류유출, 사회·경제적 민감자원, 민감자원 선정, 민감자원 지수

Abstract : Marine oil spill accidents are occurring continuously due to the marine transportation of the oil. While building a preventive system for oil spill is uttermost necessary, we also need to have a systematic response system to handle the oil spills that inevitably occur. So far, studies have focused on the environmentally sensitive resources affected by oil spills. However, there is a need to conduct research to evaluate the damage to the socially and economically sensitive resources that make up the life of local residents.

First author: Young-Hee Roh, Korea Environment Institute, 370 Sicheong-daero, Sejong, 30147, Korea. Tel: +82-44-415-7426, E-mail: yhroh@kei.re.kr

Corresponding author: Choong-Ki Kim, Korea Environment Institute, 370 Sicheong-daero, Sejong, 30147, Korea. Tel: +82-44-415-7007, E-mail: cckim@kei.re.kr

Received: 31 October, 2016. Revised: 28 November, 2016. Accepted: 28 November, 2016.

This study represents the process of building an analytical framework for the assessment of socio-economic resources affected by marine oil spills. While it is important to provide a scheme for identification and indexation of socially and economically sensitive resources that is compatible with Korea's situations, using existing data for identifying socio-economically sensitive resources might also be meaningful. However, to allow accurate analysis for better evaluation, we need to select more applicable data among the various indicators. In this research, we have reviewed many existing case studies of sensitive resources, studies of the variables that have been used for indexing sensitive resources, and various factors considered in SIA (Social Impact Assessment). Based on the findings, we classify socio-economically sensitive resources into marine products acquisition, population, land usage, administrative area, and cultural heritage and tourist region.

Keywords : Marine pollution, Oil spill, Socio-economic Sensitive Resources, Sensitive Resource Identification, Sensitive Resources Index

I. 서론

해양오염으로 인한 사회 · 경제적 민감자원 분석은 국정과제 가운데 ‘국민안전’ 과제에 해당하는 통합재난관리체계 구축, 환경유해물질 관리 및 환경오염 피해구제 강화, 해양환경 보전 부문을 비롯하여 ‘민생경제’, ‘문화참여 확대’, ‘사회통합’ 부문까지 영향을 미치는 중요한 과제이다. 사회 · 경제적 민감자원의 평가는 피해 평가를 통한 보상의 측면도 고려할 수 있는 기반이 되기 때문에 지역주민의 삶에 있어 중요한 문제이다. 하지만 아직까지 환경적 민감자원에 기반을 둔 평가 시스템이 주를 이루고 있다. 본 연구에서는 국내 · 외의 해양 유류유출로 인한 사회 · 경제적 민감자원 식별, 지수화 그리고 가치평가 방법론들에 대한 사례조사를 수행하였다.

최근 해양에서 발생한 선박 사고 현황을 보면, 여객선, 유조선에 대한 사고가 증가 추세에 있는 것을 알 수 있다(Table 1). 이 가운데 유조선 사고의 경우 지속적인 증가 추세에 있으며 2014년에서 2015년 사이 약 28%가 증가하였다. 다른 선종의 사고와 달리 유조선 사고가 발생하게 되면, 선박 손실에 대한 피해뿐만 아니라 신고 있던 유류가 해양에 유출됨으로써 발생하는 직 · 간접적 환경 및 사회 · 경제적 피해가 발생하게 된다. 따라서 유류유출에 대해 환경 및 사회 · 경제적으로 민감하게 반응하는 자원들을 미리 선별하고 평가체계를 구축함으로써 유류오염 대비 및 대응 지원책을 마련하는 것은 추후 발생하는 피해의

복구를 보다 체계적으로 이루어질 수 있도록 한다.

해양사고/유류유출, 해양오염 그리고 해양환경 등은 법률상에서 정의하는 구체적인 범주가 있다. 해양사고/유류유출은 ‘해양사고의 조사 및 심판에 관한 법률’에 따라 ‘해양 및 내수면(內水面)에서 발생한 사고로써 선박의 구조 · 설비 또는 운용과 관련하여 사람이 사망 또는 실종되거나 부상을 입은 사고, 선박의 운용과 관련하여 선박이나 육상시설 · 해상시설이 손상된 사고, 선박이 멸실 · 유기되거나 행방불명된 사고, 선박이 충돌 · 좌초 · 전복 · 침몰되거나 선박을 조종할 수 없게 된 사고, 그리고 선박의 운용과 관련하여 해양오염 피해가 발생한 사고’를 뜻한다. ‘해양환경관리법’에 따르면, “해양오염”이라 함은 해양에 유입되거나 해양에서 발생하는 물질 또는 에너지로 인하여 해양환경에 해로운 결과를 미치거나 미칠 우려가 있는 상태를 말한다. 여기서 언급된 “해양환경”이라 함은 ‘해양에 서식하는 생물체와 이를 둘러

Table 1. Marine accidents according to vessel type (Unit: vessel, %)

Year	Total	Passenger	Cargo	Oil tanker	Tug boat	Others
2015	741	66	115	65	94	401
2014	536	51	111	51	102	221
2013	467	29	107	52	78	201
2012	539	32	109	45	104	249
2011	566	22	118	43	86	297
Total	2,849	200	560	256	464	1,369

Source: Korea Maritime Safety Tribunal (2016)

Table 2. Details of each categories on the Marine Pollution Impact Survey (Related to the Article 59)

Area	Survey Items
Natural Environment	1. Weather 2. Ocean current · Tidal current 3. Submarine geology 4. Marine Environment(Water quality · biology · sediment) 5. Marine ecosystem
Living Environment	1. Use of coastal area 2. Stability of marine products 3. Pollution damage of public facilities
Socio-economic Environment	1. Population 2. Residence 3. Industry 4. Fishing sites

Source: Ministry of Government Legislation, <http://www.law.go.kr>

싸고 있는 해양수 · 해양지(海洋地) · 해양대기 등 생물적 환경 및 해양에서의 인간의 행동양식을 포함하는 것으로서 해양의 자연 및 생활상태'를 말한다.

해양 유류유출로 인한 오염에 영향을 받는 환경 민감자원은 뚜렷한 법적 기준이나 범주가 없는 것이 사실이다. 다만, 해양환경관리법 제78조(해양오염영향조사의 분야 및 항목)에서는 '해양오염영향조사는 오염물질에 의하여 해로운 영향을 받게 되는 자연환경, 생활환경 및 사회 · 경제환경 분야 등에 대하여 실시하여야 하며, 분야별 세부항목은 대통령령으로 정한다'고 제시하고 있다. 여기에서의 대통령령은 해양환경관리법 시행령 제59조(해양오염영향조사의 분야별 세부항목)에 해당하며, 그 내용은 '법 제78조에 따른 해양오염영향조사의 분야별 세부항목은 별표 14와 같다'고 제시하고 있다(Table 2). 특히, 사회 · 경제 환경 부문에서는 인구, 주거, 산업, 어업현장으로 구분하여 조사항목을 제시하고 있다.

환경민감지수에 대한 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)의 ESI(Environmental Sensitivity Index) 가이드라인에서는 '인간의 이용' 항목으로 여가 공간/접근 지점(Recreational areas/Access locations), 관리 지역(Management areas), 자원 추출 지역(Resource extraction sites) 그리고 문화적 자원(Cultural resources)으로 구분하고 있다(NOAA 2002). 또한

ITOPF(International Tanker Owners Pollution Federation) 기술정보지침서에 따르면, 기름 유출의 영향을 크게 어업 및 양식업, 사회 · 경제적 활동 그리고 환경에 대해 구분하고 있다(ITOPF 2014). 우리나라의 경우에도 이들과 유사하게 해안방제정보 데이터베이스 구축 시 어장 · 양식장과 산업시설, 관광 및 보호지역을 포함하는 사회 · 경제적 활용실태로 구분하여 작성하고 있다.

본 연구에서는 환경적 민감자원 평가에 비해 중요하게 다루어지고 있지 않은 해양 유류유출사고로 인한 사회 · 경제적 민감자원 선정과 지수화를 위한 프레임워크를 제시하고자 한다. 이를 위해서는 유류유출로 인한 사회 · 경제적 민감자원을 선정하는 것이 선행되어야 한다. 또한 선정된 민감자원을 어떻게 지수화할 것인가에 대한 고찰과 함께, 가치 평가는 어떠한 방식으로 이루어져야 할 것인가에 대해 검토하여야 한다. 본 연구에서는 해외 및 국내에서 진행된 사회 · 경제적 민감자원 선정 관련 연구의 검토를 통해 우리나라에 맞는 민감자원의 선정과 지수화 대안에 대해 정리하였다. 지수화 결과는 사용자가 이해하기 쉽도록 도표의 형태로도 제시할 수 있으며, 추후 연계될 시스템 부분과 함께 지도화 과정에 활용될 예정이다.

II. 사회 · 경제적 민감자원 분석 사례

1. 민감자원 선정

유류유출에 따른 환경적 피해나 방제작업에 따른 비용을 줄이기 위해 NOAA에서는 ESI 지도를 작성하기 시작하였다. ESI 지도는 방제전략 수립을 위하여 생물학적인 자원뿐만 아니라 인간의 이용 자원에 대해서도 식별하고 있다. 초기 버전의 ESI 지도는 1979년 멕시코만 Ixtoc 1 유류유출 사고 이후 처음 만들어졌다. USGS(U.S. Geological Survey)의 중이지도 위에 수기로 작성된 초기 버전의 지도에서도 취약종들의 위치는 물론이고 취수장, 유적의 위치, 관리지역 등 사회 · 경제적 자원도 표기되었다. 이후 NOAA에서는 지속적으로 ESI 지도를 작성하여 왔고

GIS를 활용하는 등 방법론적 발전을 통해 2002년 3 번째 지도를 작성하기에 이르렀다.

용어의 정의 차원에서, 환경적 민감자원과 함께 중요시되는 사회 · 경제적 민감자원은 앞서 언급한 바와 같이 인간의 이용 자원으로도 불리는데, 해변, 공원, 해양보호구역, 취수지역, 유적지 등 인간의 활용에 의해 그 민감도와 가치가 더해진 경우를 말한다(NOAA 2002). 또는 상업적 손실을 추정하거나 가치 평가의 개념을 더하여 설명하기도 한다(AMSA 2011).

1) 해외

(1) NOAA

ESI 지도 작성을 주도하였던 NOAA에서는 인간의 이용 자원을 크게 여가 및 해안선 접근 지점, 관리 지역, 천연자원 관리 구역, 고고학 및 역사 · 문화자원 지역의 네 개 카테고리로 구분하고 있다(NOAA

Table 3. Human-use resources in ESI map of NOAA

Data element	Sub-element
Recreation / Access	Access Airport Artificial reef Beach Boat Ramp Diving Site Ferry Helipad Marina Recreational Fishing Surfing
Management Areas	Designated Critical habitat Indian Reservation Marine Sanctuary National Park Nature Conservancy Park Special Management Areas Wildlife Refuge, Preserve, Reserve
Resource Extraction	Aquaculture Site Commercial Fishing Log Storage Sites Mining Subsistence Water Intake
Cultural Resources	Archaeological Site Historical Site

Source: NOAA 2002.

2002). 기본적으로, 지도로 제시되는 인간의 이용 자원은 Table 3과 같이 정리할 수 있다.

(2) ITOPF

ITOPF(2014)에서는 유류유출로 인한 피해에 대해 ‘환경에 대한 유류유출의 영향’, ‘사회 · 경제적 활동에 대한 유류유출의 영향’, ‘어업 및 양식업에 대한 유류유출의 영향’으로 구분하여 기술하고 있다. 이 가운데 ‘사회 · 경제적 활동에 대한 기름유출의 영향’에서는 관광업, 수족관과 휴양시설, 마리나와 어항, 항만, 연안 건설사업과 조선소, 공업용수 취수설비, 제염, 농업, 해안지역, 세계 문화유산, 유물을 민감자원으로 들고 있다.

사회경제적 민감자원의 범주에 포함될 수 있는 ‘어업 및 양식업에 대한 기름유출의 영향’에서는 유류의 독성, 물리적 오염, 유취오염, 공중보건 문제, 시장에 대한 신뢰 저하와 상업 중단 등을 피해와 손실로 보고 있다. 또한 유류오염이 어업 및 양식업에 미치는 영향은 대부분 장비의 물리적 오염과 유취오염에 따른 수산물 오염이라 정의하고 있다.

2) 국내

해양경찰청의 ‘해안방제시스템 구축방안 연구’에서 제시된 해안방제정보 데이터베이스 항목은 위에서 언급된 미국의 NOAA를 비롯하여 캐나다의 SCAT 매뉴얼, 해양경찰청의 ‘방제정보지도 작성을 위한 정보수집 지침’, 해양관리공단의 ‘2009 전문방제교육’ 등을 참조하여 작성된 것이다(KHOA 2010). 이 가운데 사회 · 경제적 활용실태 및 어장 · 양식장 부문의 항목을 정리하면 Table 4와 같다. 여기에서는 두 개의 큰 분야인 어장 · 양식장 정보와 사회 · 경제적 활용실태를 구분하고 있으나, 어장 · 양식장은 어민들에게 있어 중요한 경제적 자원이므로, 분야를 따로 구분하지 않고 사회 · 경제적 활용실태로 포함하여 보는 것이 적절할 것으로 보인다. 해안방제 데이터베이스를 아래의 표와 같이 구성하고 있기 때문에 데이터의 구득 측면에서는 이하의 항목 구분을 참조하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

2011년에 발간된 해양경찰청의 ‘여수 · 울산해경서 관할해역 해안구획별 방제방법 및 종료기준 선정 연

Table 4. Database structure of socio-economic resources for coastal pollution response

Category	Items	
Fishing ground / aquaculture	Fishing village societies	
	Fishing ground and aquaculture	
	Fisheries cooperative union	
Socio-economic utilization	Industrial facilities	Industrial facilities including power plant and water intake facilities
		Port
		Dock
		Moored buoy
		Passenger terminal
		Fishing port
		Shipyards
		Waste, oil and toxic substance handling facility
	Cultural heritage sites and protected management area	
	Tour site	Beach
		Coastal park, Recreation area and habitat for migratory birds
		Campground
		Aquarium
		Mooring
		Coastal accommodation
	Other facilities	

Source: Korea Coast Guard 2010.

구에서도 2010년의 연구를 기준으로 하여 유사한 구분을 따르고 있다. 어장 및 양식장, 사회·경제적 이용실태 구분 이하의 공업시설(발전소 취수시설), 항만, 부두, 계류부이, 어항, 조선소, 문화유적지 및 보호구역, 해수욕장, 임해공원, 휴양지 및 철새도래지, 해안숙박시설 등으로 구분하고 있다.

이 두 연구 성과에서, 공통적으로 어장 및 양식장은 사회경제적 민감자원과 별개로 구분하고 있다. 또한 사회·경제적 민감자원을 크게 산업시설, 문화유적지 및 보호관리구역, 관광위락지 그리고 기타 시설로 구분하고 있다. 산업시설의 경우 공업시설, 항만, 부두, 여객선부두, 어항, 조선소, 폐기물 및 유해물질 취급시설, 계류부이를 포함하며, 관광위락지에는 해수욕장, 임해공원, 휴양지 및 철새도래지, 캠핑장, 수족관, 계류장, 해안숙박시설 등을 포함하고 있다. 이러한 국내 연구사례들은 기본적으로 전 세계적으로 통용되는 규율 및 기존 연구들을 토대로 하여 설정된 것이다.

Kim et al.(2006)의 연구에서는 IMO/IPIECA의

환경 민감도 작성 지침과 해양경찰청의 방제정보 지도 작성을 위한 정보 수집 지침에 따라 환경 민감도 정보를 수집하였다. IMO/IPIECA 지침은 연안역에서의 활발한 양식 활동과 같은 국내의 특수한 자연 및 인위적 조건들을 모두 포함하지 못하는 한계가 있어 해양경찰청의 지침을 우선으로 한다고 밝히고 있다. 환경 민감도 정보 가운데 사회·경제적 자원은 기름 오염이나 방제 작업 등으로 영향을 받는 인간 활동 영역을 의미하는데, 예를 들자면, 휴양지나 공원, 해수욕장, 어장, 거주 지역, 항구 등이 이에 해당한다(Table 5). 이 연구에서의 천연자원은 해외 연구에서의 천연자원과 상이한 특징을 가진다. 지하자원의 개념이 아닌 생물자원에 대한 관리구역을 사회·경제적 민감자원으로 구분하고 있다. 따라서 환경자원도 분석에 포함시킬 경우 해당 카테고리는 생태학적 민감자원으로 구분하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

위에서 언급된 국내·외의 사회·경제적 민감자원 구분과 관련된 사례는 Table 6과 같이 정리할 수

있다. 대부분의 경우, 초기 NOAA의 분류를 토대로 하여 비슷한 카테고리를 가지는 것으로 나타났다. 다만, 채광이나 염전 그리고 농업 등에 해당하는 카테고리의 경우는 우리나라 해안지역에서 민감자원으로 고려하고 있는 사례가 없었기에 민감자원 항목의 구축에서는 제외하였다. 이처럼 사회·경제적 민감자원의 구분에 있어서 기본적으로는 초기에 제시된 해외 사례의 경우를 기반으로 하여 국가 간 호환성을 고려하였다. 또한 해당 자원이 우리나라에 없거나 그 존재가 미미할 경우에는 삭제하고 추가적으로 고려할만한 자원에 대해서는 리스트 내에 포함시키는 등의 과정을 통해 국내 상황에 맞는 민감자원을 선정하고자 하였다. 다만, 민감자원의 구체적인 수준에 대해서는 추가적인 고려가 필요할 것으로 보인다.

2. 민감자원 지수화

사회·경제적 민감자원으로 식별된 항목들은 의사

결정 지원에 활용될 수 있는 지수로 가공된다. 지수의 산정 방법은 다양하게 적용할 수 있으며, 국내·외 지수화 사례들을 정리하면 다음과 같다.

1) 해외

McLaughlin et al.(2002)은 자료의 가용성을 감안하여 사회·경제적 변수들을 인구, 문화유산, 도로, 철로, 토지이용, 보전 현황으로 구분하고 있다. 연안 특성, 연안 물리력, 사회·경제의 각 부문에 대한 평가 결과를 Figure 1과 같이 종합하여 표현할 수 있다.

Depellegrin et al.(2010)은 ESI 지도를 작성하는데 있어 연안 특성(coastal features), 사회·경제적(socio-economic aspects), 생물학적(biological), 그리고 수산자원(fishery resources)의 세부 지표들을 통합하여 작성하였다. 사회·경제적 자원의 경우 휴양 지역, 관리 지역, 인간 정주 지역으로 구분하여

Table 5. The case study on the classification of socio-economic sensitive resources in South Korea

Classification of socio-economic sensitive resource	Classification criteria	Contents
Use of coastal resources	Fishing and water intake activity	Fishing with fishing rights, fishing port, seed cultivation facility, Inland fish farm, power plant, and other water intake facilities
Use of waterfront area	Coastal area recreation activity	Beach, coastal park mooring, aquarium
Port facilities	Facilities for logistic and flammable object	Container, ferry dock, passenger wharf, petroleum noxious liquid substances handling facilities, moored buoy
Natural resources management area	Biological and natural resources management area	Natural monument habitat

Source: Kim et al. 2006.

Table 6. Classifications of socio-economic sensitive resources

Large classification	Medium classification	Small classification	Research			
			NOAA	ITOPF	Korea Coast Guard	Kim et al.
Use of coastal resources	Marine product acquisition	Fishing	●	●	●	●
		Aquaculture	●	●	●	●
	Utilization of natural resource and generation of	Mining/salt pond	●	●	—	—
		Power plant, Industrial facilities related to water intake	●	●	●	●
Space usage	Tourism resources	Tourism and recreation	●	●	●	●
		Cultural heritage	●	●	●	—
	Other space usage	Management area	●	—	●	●
		Agriculture	—	●	—	—
Transportation and logistics	—	Port	●	●	●	●
		Coastal accessibility	●	—	—	—

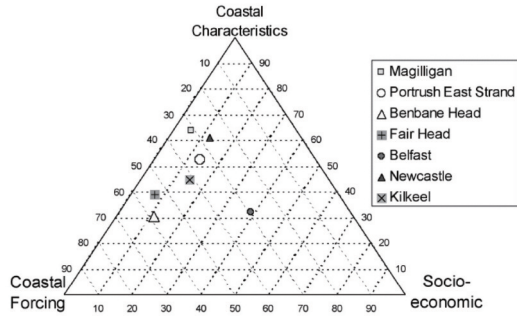


Figure 1. Example of the triangular diagram of three sensitivity resources

Source: McLaughlin et al. 2002.

분석하였다. 휴양 지역 분석 단위는 성수기의 일별 해변 방문자 수이고, 관리 지역 분석 단위는 관리 지역 존재 여부, 인간 정주 분석 단위는 인구 수를 활용하였다. 수산 자원의 경우 연안 지역에서 획득할 수 있는 잠재적인 어획량으로, 분석에는 상업적 어획과 산란장 파라미터를 활용하였다. 상업적 어종의 어획으로 인한 경제적 수익과 산란장 정보를 활용하였다.

Fattal et al.(2010)의 연구에서는 사회·경제적 변수를 다음과 같이 설정하였다.

$$\text{사회·경제적 변수} = f(\text{기반시설} + \text{어업 활동, 관광 활동, 산업 활동, 농업 활동} + \text{문화유산} + \text{위기관리})$$

기반시설의 경우 연안 20m 영역 내로 한정하였다. 각 섹터별로 기반시설의 면적 비율을 산출하였는데, 이 비율을 3단계 민감도로 할당하여 1의 경우 적은 민감도, 3의 경우 높은 민감도를 보이도록 하였다. 활동 취약성 항목들에서는 500m 영역 내의 어업과

관광활동만을 반영하였다. 어업 활동의 경우는 생산량, 관광 활동의 경우 숙박 수용력을 기준으로 하였다. 이를 기반으로 두 지표 모두 섹터별 비율값을 산출하고 3단계로 할당하였다. 문화유산 지표의 경우, 20m 영역 지역 내의 자연보전구역을 훼손 정도나 복구능력에 따라 구분하고 이 값을 각 보전 지역에 할당하고 보전지역 면적에 곱하였다. 이 값을 통해 각 섹터별 보전지역과의 면적비를 구하였다. 위기 관리 지표의 경우, POLMAR plans에 기반을 두었다. 통합지수는 Figure 2의 방법을 통해 산출되었다.

2) 국내

연안재해취약성 평가체계(CDAS) 구축(KHQA 2011) 연구에서의 사회·경제적 민감자원 평가에서 활용한 ‘연안민감도지수’는 인명, 인간활동, 지형적 특징 등과 같은 요소처럼 자연재해에 의한 크기를 증대시키는 요인들을 정량화한 것을 말한다. 크게 인적, 물적, 지형적 민감도의 세 가지 지표를 활용하는데, 이 가운데 사회·경제적 민감자원이라 할 수 있는 것은 물적 민감도이다. 물적 민감도를 이루는 인자로 연안건물, 어선 및 접안시설, 산업단지, 도로, 양식장, 연안취약시설물, 공시지가 등을 들고 있다.

원자료를 표준화하면 0에서 1 사이의 값을 갖게 된다. 세부 인자들에 대해 정규화, 스케일 재조정, 기준값과의 차이, 순위 선정 등의 방법을 이용하여 평가 자료를 표준화하게 된다. 여기서 스케일 재조정은 (자료값-최소값)/(최대값-최소값)의 형태로 계산할 수 있고, 순위 선정은 (자료값보다 작은 값의 자료 개

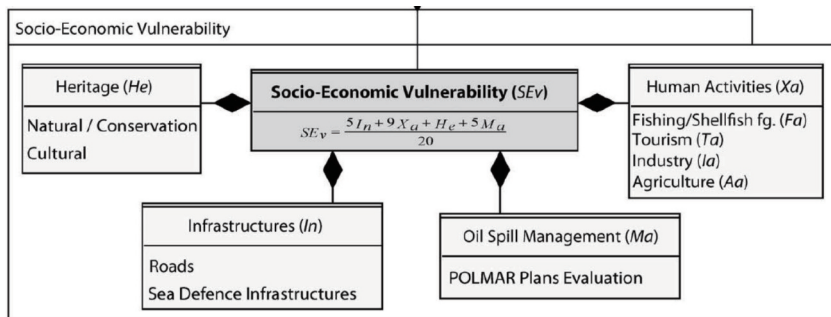


Figure 2. Example of socio-economic vulnerability assessment

Source: Fattal et al. 2010.

수)/(전체 자료 개수)로 산출할 수 있다. 각 세부 인자들에 대한 중요도는 전문가 설문을 통해 선정하였다. 연안민감도지수에서 물적 민감도의 일부 산출 사례는 Table 7과 같다.

III. 사회 · 경제적 민감자원 선정 및 평가 기법 제안

위에서 언급하였듯 사회 · 경제적 민감자원의 선정은 NOAA에서 초기에 제시하였던 ESI 가이드라인을 바탕으로 각 국가의 현실에 맞도록 수정 · 활용되고 있다. 또한 유류유출 사고 피해의 최소화를 위한 현장 대응의 우선순위를 파악하기 위해서는 지수화 연구가 중요하게 다루어진다.

최근 사회 · 경제적 민감자원의 지수화를 대상으로 한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 다만, 아직까지 우리나라에서는 민감자원 선정 및 지수화 그리고 가치 평가에 이르는 일련의 체계적인 프레임워크를 제시하고 있는 연구가 부족한 상황이다. 이에 본 연구에서는 사회 · 경제적 민감자원의 가치평가를 위한 선행연구 차원에서, 우리나라의 실정에 맞는 민감자원의 선정 체계와 지수화 방안에 대해 제안하고자 한다. 본 연구는 추후 사회 · 경제적 민감자원의 가치평가를 위한 사전연구의 성격을 띤다.

1. 민감자원 선정

사회 · 경제적 민감자원에 대한 NOAA의 분류 사례를 중심으로 하여 기존의 선정 사례를 검토하고 우리나라의 상황에 맞는 변수들을 선택하고자 하였다. 또한 데이터의 가용성 측면과 정량화 가능한 변수들을 중심으로 선정하고자 하였다. 이를 위해, 본 연구에서는 기존의 민감자원 분류에 관한 사례 연구뿐만 아니라 민감자원 지수화 연구들에서 쓰인 변수들을 파악함과 동시에, 사회영향평가(Social Impact Assessment, SIA)에서 고려하고 있는 다양한 항목들에 대해 고찰하였다.

앞서 살펴 본 바와 같이, McLaughlin et al.(2002)의 연구에서는 인구, 문화유산, 도로, 철로, 토지이용, 관리 현황으로 구분하여 지수화 연구를 진행한

Table 7. Example of the physical sensitivity calculation in the coastal vulnerability index

Factor	Evaluation method	Class range
Coastal building	Ranking	1: X = 0 2: X ≤ 0.258 3: 0.258 < X ≤ 0.521 4: 0.521 < X ≤ 0.769 5: X > 0.769
Fishing boat		1: X = 0 2: X ≤ 0.25 3: 0.25 < X ≤ 0.50 4: 0.50 < X ≤ 0.75 5: X > 0.75
Docking facility		1: X = 0 2: X ≤ 0.253 3: 0.253 < X ≤ 0.503 4: 0.503 < X ≤ 0.752 5: X > 0.752
Fish farm		1: X = 0 2: X ≤ 0.25 3: 0.25 < X ≤ 0.50 4: 0.50 < X ≤ 0.75 5: X > 0.75

Source: Korea Hydrographic and Oceanographic Administration 2011.

바 있다. 또한 Depellegrin et al.(2010)의 연구에서는 상업적 어업, 산란장, 여가 지역, 관리 지역, 인간 정주로 구분하고 있다. Fattal et al.(2010)의 연구에서는 어업, 관광, 산업, 농업 등을 포함하는 인간 활동, 자연 및 문화유산, 도로 및 해안 방재 기반시설, 그리고 유류유출 관리 정보를 활용하여 지수화 연구를 수행한 바 있다. 이를 종합하고 각 지역 단위에서 사회 · 경제적 민감자원 평가 차원의 가용한 자료를 감안하였을 때, 본 연구에서 선정한 범주는 수산물 획득, 인구, 토지이용, 문화유산, 관리지역, 관광지로 구분된다.

사회 · 경제적 영향평가와 관련하여, Lee et al.(2010)의 연구에서는 유류유출 사고가 발생하였을 경우, 인구 및 주거, 수산자원 및 수산업, 관광자원 및 관광업, 공공시설, 지역경제 여건, 지역공동체와 갈등, 사회적 인식, 정부정책으로 구분하여 지표를 구성할 것을 제안하고 있다. 이 조사범주는 정량적 범주와 정성적 범주를 모두 포함하고 있다. 이 가운데 기존의 활용 지표 및 가용한 자료를 바탕으로 볼 때, 인구 및 주거, 수산자원 및 수산업, 관광자원 및

관광업, 공공시설 범주에 포함되는 지표 일부를 활용할 수 있을 것으로 판단하였다. 상기 내용을 종합하면, 민감자원 식별, 민감자원 지수화 그리고 사회영향평가 등의 사례를 고려하였을 때 제시할 수 있는 민감자원의 식별 대안은 다음의 <Table 8>과 같다.

각 민감자원 범주에 해당하는 데이터의 공간단위는 연안기본조사 범위와 같은 연안 74개 시군구 단위이다. 이렇게 행정구역 단위의 공간범위로 분석을 수행하는 것은 사회·경제적인 변수들의 경우 환경변수들과는 달리 지역사회 단위로 피해의 영향이 끼치는 것을 반영한 것이다. 또한 피해의 복구 차원에서 행정적 지원이 각 단위 구역별로 이루어질 뿐만 아니라 정량적 분석 차원에서도 데이터 구축 차원에서 타 조사단위와 통일시키는 것이 적합하다. 이렇게 다양한 변수들을 토대로 선정된 민감자원은 지수화 분석 단계에 활용될 수 있다.

2. 민감자원 지수화

민감자원의 선정 단계에서 구성된 사회·경제적 민감자원 지수에 대해 각 범주를 구성하는 변수들을 활용하여 지수화하고 그 결과를 시각화할 수 있다(Table 8). 민감자원 지수화 분석을 통해 각 지표별로 지수화된 값을 얻을 수 있고, 그 결과는 유류유출 사고가 발생했을 경우 사회·경제적으로 피해의 정도가 높은 지역을 공간적으로 쉽게 판별할 수 있도록 돕는다.

수산물 획득 지표의 경우 직접적으로 유류유출 피해를 입는 마을어장과 양식장의 면적 정보를 활용하고, 인구 지표의 경우는 Gowrie(2003)와 KHOA(2011)의 연구 등과 같이 인구밀도 정보를 활용할 수 있다. 인구밀도는 각 시군구 단위 이하 읍면동 단위까지 표현이 가능하며 각 지역의 면적과 인구 정보를 활용하여 산출할 수 있다. 또한 각 지역별 인구밀도 정보 등의 연속형 변수는 데이터의 분포 특성을 감안하여 각 등급이 동일한 빈도를 갖도록 하는 5분위수(quintile)로 구분하여 5개 척도로 구분할 수 있고, 0에서 1사이의 값을 갖도록 정규화 과정을 거칠 수도 있다. 이를 통해 데이터의 차원을 타 변수들과 통일시키고 통

합 점수를 산출할 수 있게 된다.

토지이용 지표의 경우는 연속형 변수가 아닌 카테고리형 변수 특성을 띠므로 McLaughlin et al. (2002)의 연구에서처럼 현재 상황에서 경제적으로 가치 있는 토지이용 현황으로 여겨지는 순서대로 지표값을 할당할 수 있다. McLaughlin et al. (2002)의 연구와 유사하게 시가화건조지역, 농업지역, 산림지역, 초지 및 습지, 나지 및 수계로 구분하여 1~5 사이의 값을 할당할 수 있다. 관리지역 지표의 경우 피해가 발생하였을 경우 사회·경제적으로 영향을 줄 것으로 간주되는 수산자원 보호구역을 대상으로 하여 지수화한다. 수산자원 보호구역의 면적 정보와 각 지역 면적비를 구하여 5분위수로 구분하거나 정규화하여 타 지표들과 같이 5등급으로 구분한다.

문화유산 및 관광지 지표의 경우, 문화유산으로 인해 관광지로 활용되는 사례가 많기 때문에 이 둘을 통합지표로 정의하였다. 문화유산의 경우는 국가 및 시도 단위로 지정된 문화유산 혹은 등록문화재의 수를 활용할 수 있고 관광에 대한 민감자원 분석에서는 각 관광지에 대한 관광객 수나 지점 수를 지표에 대한 변수자료로 활용할 수 있다(Kumpulainen 2006). 그러나 해변에 위치한 관광지의 경우 관광객 수가 집계되지 않는 지점이 다수 존재하므로 관광객 수 정보를 활용하는 대신, 관광지의 개수를 프록시로 활용하는 방법을 택하였다. 공간적 범위는 유류유출로 영향을 받을 것으로 간주되는 연안 육역 영역 500m 내에 포함된 문화 및 관광자원의 지점들만을 고려 대상으로 하였다.

전체 지표들을 통합한 통합지수의 경우는 수산물 획득, 인구, 토지이용, 관리지역, 문화유산 및 관광지의 5개 지표를 각각 100점으로 환산, 합산하여 산출한다. 이렇게 산출된 각 연안 지역별 통합지수는 각 행정구역의 그래픽 데이터의 속성과 연결시켜 지도화함으로써 시각적으로 민감도가 높고 낮음을 파악할 수 있도록 한다. 또한 구체적으로 어떠한 개별 지수값이 높고 낮은가에 대한 비교가 가능하도록 지역별 플롯을 작성하여 제공할 수 있다. 개별 지표를 활용한 통합 지수의 산출과정은 Figure 3과 같고, 지표별 데이터 시각화 대안은 Figure 4와 같이 나타낼

Table 8. Suggestion scheme for identification and indexation of socio-economic sensitive resources

Parameters	Features	Calculation
Coastal fishery	Village fishery, fish farming region(Unit: km ²)	Proportion of the fishing area (1~5)
Population	Population density(Unit: person/km ²)	Quintile or normalization (1~5)
Land use	land cover classes(Unit: km ²)	Categorical allocation (1~5)
Management area	Fishery resources protection area(Unit: km ²)	Proportion of the fishery resources protection area (1~5)
Cultural heritage site and tourism	Registered cultural properties, Basic survey of tourism resources of South Korea(Unit: the number of location)	Normalization of the number of cultural resources within 500m coastal inland area (1~5)

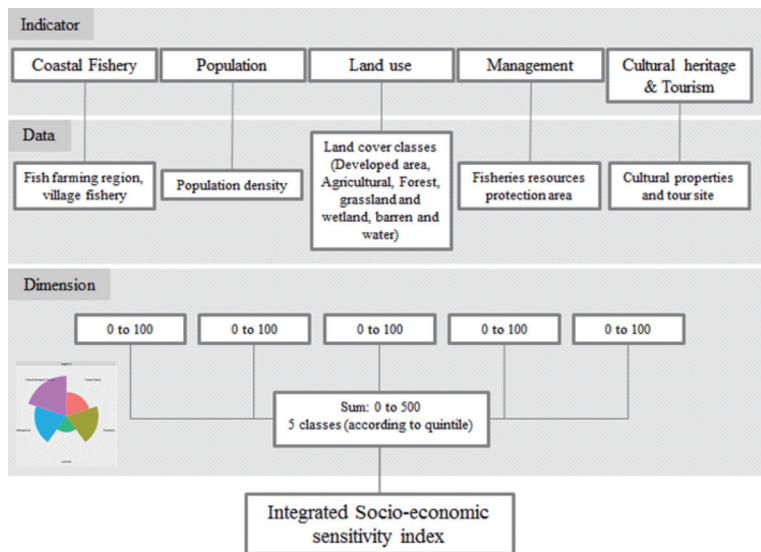


Figure 3. Flowchart of index calculation process



Figure 4. Data visualization of scores of each socio-economic sensitive resources

수 있다.

IV. 향후 연구 및 결론

본 연구에서는 유류유출로 인한 사회·경제적 민감자원 평가 프레임워크 구성의 첫 번째 단계로, 사회·경제적 민감자원에는 어떠한 것이 있는지에 대하여 해외 및 국내 사례를 검토하였다. 기존의 사회·경제적 민감자원 구분에 대한 국내·외의 사례를 참조함과 동시에 기존의 지수화 연구에서 활용하였던 지표들과 사회영향평가 관련 연구를 참조함으로써 사회·경제적인 영향을 받는 자원들에 대해 보다 광범위하게 파악할 수 있도록 하였다. 이를 바탕으로 우리나라의 현실과 데이터의 가용성을 감안한 민감자원 리스트를 제시하였다.

두 번째 단계로, 선정된 민감자원에 대한 개별 및 통합지수 산출의 대안을 제시하였다. 이를 위해 국내·외의 다양한 연구들을 검토하였고 앞서 선택된 가용한 민감자원 변수들에 대해 비교적 간결한 수식으로 지수화할 수 있도록 하였다. 또한 단순히 각 지표별, 통합지수의 값을 제시하기 보다는 데이터 시각화 차원의 일환으로 플롯을 통해 표현하는 대안을 제시하였다. 이러한 방법은 특정 지표의 지역적 차이를 보다 쉽게 파악할 수 있도록 할 수 있다.

검토 결과, 각 국가가 가진 데이터 가용성이 다르지만 사회·경제적 민감자원을 구분하는 연구들은 NOAA가 설정한 자원을 기반으로 하였기 때문에 일정한 통일성을 보이고 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 NOAA의 구분을 비롯한 다양한 민감자원 구분 연구의 지표 선정, 지수화 방안 그리고 사회영향평가에서 거론되고 있는 자원들을 검토한 후에 우리나라의 데이터 가용성을 고려하여 사회·경제적 민감자원 리스트를 작성하였다. 또한 작성된 민감자원 리스트들을 바탕으로 통합 및 개별 지수화 분석의 대안과 데이터 시각화 사례를 제시하였다.

추후 실제 데이터를 구득하여 제안된 지수화 연구를 직접 적용함으로써 현실화 할 예정이다. 이를 통해, 본 연구에서 제시된 분석 프레임워크에 대해 데이터의 지수화 방법에 따른 민감도 분석을 실시할 예

정이다. 최적의 지수화 방법을 경험적으로 파악하게 되면, 사회·경제적 민감자원에 대한 경제적 가치평가 연구를 수행함으로써 민감자원의 선정으로부터 지수화 그리고 가치평가에 이르는 일련의 분석 프레임워크를 제시할 예정이다. 분석의 결과는 유류유출로 인한 사회·경제적 피해의 정량적인 정도의 차이를 시공간적으로 비교적 용이하게 파악할 수 있도록 한다.

사사

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-해경-2016-05].

References

- Australian Maritime Safety Authority (AMSA). 2011. Assessment of the risk of pollution from marine oil spills in Australian ports and waters.
- Depellegrin D, Blažauskas N, de Groot R. 2010. Mapping of sensitivity to oil spills in the Lithuanian Baltic Sea coast, *Baltica*. 23(2): 91-100.
- Fattal P, Maanan M, Tillier I, Rollo N, Robin M, Pottier P. 2010. Coastal vulnerability to oil spill pollution: the case of Noirmoutier island (France). *J of coastal research*. 26(5): 879-887.
- Gowrie MN. 2003. Environmental vulnerability index for the island of Tobago, West Indies, *Conservation Ecology*. 7(2): 1-17.
- ITOPF. 2014. Effects of oil pollution on social and economic activities.
- Kim HJ, Lee HJ, Lee MJ. 2006. Building of GIS program for controlling oil spill accident, *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 9(3): 58-

66. [Korean Literature]
- Korea Coast Guard. 2010. Research on the construction of coast guard system. [Korean Literature]
- Korea Coast Guard. 2011. A Study on the selection of standard of marine pollution prevention and clean-up end point in the jurisdictional sea area of Yeosu · Ulsan Korean Coast Guard. [Korean Literature]
- Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (KHOA). 2011. Construction of coastal disaster vulnerability assessment system (CDAS). [Korean Literature]
- Korean maritime Safety Tribunal. 2016. Lessons learned from major maritime accidents 2015. [Korean Literature]
- Kumpulainen S. 2006. Vulnerability concepts in hazard and risk assessment. Special paper- Geological Survey of Finland. 42: 65-74.
- Lee MS, Kwon SJ, Park SH. 2010. A Study on Socio-economic Impact Assessment System for Marine Oil Spill, J of the Korean Society of marine Environment & Safety. 16(1): 49-55. [Korean Literature]
- McLaughlin S, McKenna J, Cooper JAG. 2002. Socio-economic data in coastal vulnerability indices: constraints and opportunities. J of Coastal Research. 36(Special Issue): 487-497.
- NOAA. 2002. Environmental Sensitivity Index Guidelines Version 3.0.
- Ministry of Government Legislation; [cited 2016 9 20]. Available from: <http://www.law.go.kr>