Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety
Research Paper
Vol. 22, No. 5, pp. 423-429, August 31, 2016, ISSN 1229-3431(Print) / ISSN 2287-3341(Online) http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2016.22.5.423

해역별 기름유출사고 위험도 매핑 프로그램 개발에 관한 연구

문정환* · 윤종휘**†
* 한국해양대학교 대학원, ** 한국해양대학교 해양경찰학과

A Study on the Development of Regional Risk Mapping Program for Marine Oil Spills

Jung-Hwan Moon* · Jong-Hwui Yun**†
* Dept. of Coast Guard Studies, Graduate School of Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea
** Dept. of Coast Guard Studies, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 본 연구에서는 시스템 다이내믹스 기법을 적용하여 기름유출사고의 동태적 현상을 분석하고, 기름유출 사고초기 사고해역의 위험성을 판단할 수 있도록 기름유출사고의 사고이력에 기초하여 해역별 위험도를 산출하고 위험도 프로그램을 개발하였다. 이를 통해 다음의 결과를 얻었다. 첫째, 기름유출사고 고유데이터를 기초하여 전혀 다른 변수를 단일점수로 산출했으며, 해역별 기름유출 위험도를 정량적인 수치로 산출했다. 둘째, 산출된 사고별 위험도로 해역별 위험도를 도출했으며 이용의 극대화를 위해 스마트기기에서 실행기 가능한 프로그램을 구현했다. 셋째, 우리나라 해역별 기름오염 위험도를 직접적으로 비교평가가 가능해졌으며, 긴급시 신속한 의사결정을 유도할 수 있다. 기름유출사고 위험도를 특별한 제약없이 편리하고 신속하게 판단할 수 있게 됨에 따라 기름유출사고의 선제적인 대비(전략)에 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다.

핵심용어 : 기름유출사고, 해역별 위험도, 위험도 산출, 위험도 프로그램, 시스템 다이내믹스

Abstract : *A study was conducted to analyze the oil spill dynamic state using system dynamics method, and to developed regional risk program based on oil spill history for better judgement of the situation at the early stage of oil spill. Results were obtained as follows: Firstly, various variables were calculated by a score based on raw data of oil spill history in Korea. Regional oil spill risk was also calculated in a quantitative way. Secondly, calculated regional oil spill risk was analyzed and programmed with a help of smart-device for better use. Thirdly, comparison of oil spill risk between regions became possible and regional oil spill risk program proved to be useful in prompt decision under urgent situation in response to oil spill at sea. Convenient and quick oil spill risk without special restrictions have been able to determine. and it can help in anticipative preparation (strategy) for oil spills.*

Key Words : *Oil spills, Regional risk, Risk calculation, Risk program, System dynamics*

1. 서 론

우리나라 산업의 발전과 함께 기름의 사용량은 증가하고 있으며 이에 필요한 기름은 해상을 통해 전량 수입된다. 기름의 해상운송량 증가와 함께 선박의 대형화를 초래하고 있으며, 해상에서 선박을 통한 기름유출사고의 건수가 증하고 있고, 또한 사고규모도 커지고 있다.

선박 등에서 기름유출사고가 발생하면 최초발견자를 통해 해경 등 대응기관에 사고가 신고되고, 사고해역에서 가장 가까운 함정이 제일 먼저 도착하게 된다. 이후 사고상황을 파악 및 전달하여 방제정 도착 후 오일붐 설치 등의 초동방제활동이 개시된다.

효율적인 방제활동을 위한 정부의 노력에도 불구하고 여러 상황에 따른 기름유출사고의 대응에 한계를 드러냈다. Kim(2008)은 지휘체계 혼선, 악천후시 대응능력 부족, 동원·지원·관리체계 미흡 등으로 초동대응실패를 지적했다. Kwon (2012)은 유출파공의 우선적 봉쇄를 통해 피해규모 축소할 수 있는 장비개발의 부재를 지적했다. 그리고 지역별 특성을 충분히 반영하여 방제효율을 높이기 위해 현행 국가방제

* First Author : howdy617@kmou.ac.kr, 051-410-4834
† Corresponding Author : jhyun@kmou.ac.kr, 051-410-4279

능력 대신 지역방제능력의 새로운 개념을 도입했고(Yun et al., 2010), 해양오염관리의 동태적 현상을 파악하고 해양오염 및 관리유인간 시간지연에 따른 장비 및 기술개발, 법률적 개정의 필요성을 제기했다(Moon et al., 2015).

본 연구에서는 기름유출사고를 통해 드러난 문제점 해결을 위한 개선방안을 제시한 기존연구와는 달리 시스템 다이내믹스 기법을 적용하여 기름유출사고의 동태적 현상을 분석하고, 기름유출사고 발생 전 해역의 위험성을 판단할 수 있도록 기름유출사고의 사고이력에 기초하여 해역별 위험도를 산출하고 위험도 프로그램을 개발하여 효율적인 대비를 지원함으로써 기름유출사고 피해를 최소화하고자 한다.

2. 시스템 다이내믹스 분석

2.1 시스템 다이내믹스 분석 기법

1961년 “산업동태론”을 시작으로 출발한 시스템 다이내믹스는 1970년대의 세계환경 모델링과 국가경제 모델링(National modeling)의 거시적 연구를 거쳐 1980년대에는 기업조직의 동태적 적응과정에서 의사결정자의 역할이라는 다소 미시적인 연구에 초점을 두면서 발전하여 왔다. 과거, 인과지도 분석은 시스템의 피드백 구조를 파악하는 데 그쳤으나, 1976년 이후 시뮬레이션 실행보다 앞서 시스템 이해에 대한 중요성이 대두되었고, 무리한 수량화를 통한 시뮬레이션 실행보다 각 요인과 전체 시스템의 이해를 향상시키기 위한 인과지도 분석의 중요성이 강조되었다.

이러한 과정을 거쳐 현재 인과지도의 구성과 분석은 시스템 다이내믹스 가운데 모델링과 시뮬레이션과 같은 엄격한 분석기법을 사용하지 않고서도 시스템을 진단하고 이해하고 정책적 시사점을 도출할 수 있다는 방법으로 인식되고 있다(Choo and Jung, 2006).

2.2 기름유출사고의 시스템 다이내믹스 분석

기름유출사고에 대한 대응 및 이해관계, 파급효과, 사고에 대한 인식과 행태의 차이 등 다양한 요인들이 매우 역동적으로 작용한다. 그러나 지금까지의 개선방안 도출을 위해 요소간 단선적 접근 및 사고원인에 대한 인과관계를 중심으로 분석되었다. 이러한 단선적 접근은 기름유출사고에 대한 원인과 결과에 대한 파악은 용이하나 상호 인과관계를 통한 기름유출사고 방제활동까지 역동적인 접근은 불가능하다.

기존의 기름유출사고 대응에 대한 연구 및 개선은 방제수행기관 측면, 즉 정부기관의 방제수행에 필요한 장비 및 제도개선에 초점이 맞춰져 있었다. 이는 실질적으로 추가유출의 방지, 유출유의 포집, 회수, 처리 외 전반적인 대응방안 및 전략수립에 대한 연구는 부족한 실정이다.

2.3 유인(誘因) 변수 추출

기름유출사고 방제활동의 유인은 수행업무, 기술개발, 시스템 개선 등 다양한 측면에서 설명이 가능하지만, 본 연구에서는 사고시 방제활동 개시 전, 초동대응 등 사고발생 후 시간경과에 따른 해상 및 해안방제의 유인관계를 설명하고자 한다.

1) 기름유출사고대응 인과지도 작성

초동대응 루프(Fig. 1, R1)는 음(-)의 피드백(Negative feedback) 루프로서 기름유출 사고후 초동대응을 실시하여 기름유출에 대한 대응활동을 조절하는 역할을 한다. 그러나 초동대응 루프 가운데에는 시간지연(Delay, ⫫)이 여러 상황에서 드러남에 따라 각 요소 행위자들로 하여금 적절한 시기에 대응을 못하고 있음을 확인할 수 있다. 초동대응 이후(Fig. 1, R3)에도 기름유출에 대한 해상의 사고현장을 지속적으로 관측 및 판단하고 방제세력을 재배치하며 방제활동을 지속한다. 유출된 기름이 해상에서 성상이 변화되어 해·기상 상황에 따라 일정 시간이후에 해안에 부착하게 된다. 이후 진행되는 해안방제 루프(Fig. 1, R2)도 음(-)의 피드백 루프로서 기름이 부착된 해안의 현장을 지속적으로 관측하여 오염된 해안의 피해규모를 조절하는 역할을 한다.

각 인과관계를 종합한 피드백 루프를 살펴보면 음(-)의 피드백 관계를 나타내고 있다. 이 피드백 루프는 3개의 음의 피드백 루프(R1, R2, R3)로 구성되어 있고 이들 변수간 흐름을 통한 전체 인과지도는 Fig. 1과 같다.

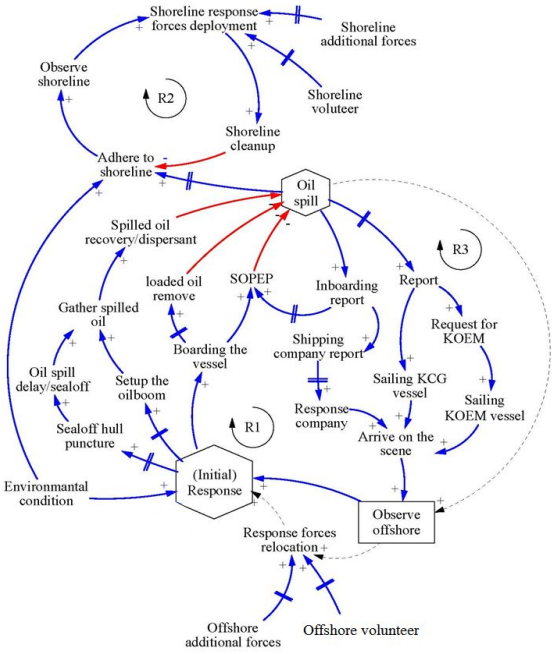

Fig. 1. Total casual map.

사고 직후 신속하게 진행되는 초동대응은 가장 많은 인과관계를 나타냈지만 진행시 유인간 시간지연으로 인하여 실질적인 초동대응(R1)단계에서 파공봉쇄, 유출유 포집/회수 등 효과없이 지속적으로 현장관측 및 방제지원으로 진행되는 R3 피드백 루프가 진행되고 해·기상 조건에 의한 시간지연에 따라 해안방제(R2) 피드백 루프가 진행된다. 이는 지금까지 인적/물적 장비의 증가 및 시스템 개선/과학화를 통해 비교적 완벽하게 짜인 관리체제를 제도화하였지만 효율적인 방제수행을 위해서는 유인간 발생하고 있는 시간지연이 여러 곳에서 발견 가능한 하나의 흐름도를 이용하여 단편적으로 보여주는 피드백 루프라는 것에서 큰 의미가 있다.

2) 정책적 지렛대 탐색

제한된 정책자원(예산, 시간, 규제, 인력 등)을 조금만 투입하면 커다란 정책효과를 생산할 수 있는 정책개입지점을 의미하는 정책적 지렛대를 손쉽게 찾을 수 있는 공식은 아직까지 없다. 그러나 기름유출사고의 방제수행 인과관계에서는 변수의 시간지연이 여러 곳에서 확인되었으며 이러한 시간지연으로 인한 시스템 파동을 안정화시켜야 한다.

이때 지연요소를 제거하거나 의사결정권자에게 새로운 정보를 제공하여 의사결정을 신속하게 유도함으로써 시스템의 파동을 약화시킬 수 있다. 결국, 사고 후 사고선박에서의 신속한 방제활동 수행과 함께 신속히 사고현장에 도착한 방제세력의 초동 및 추가조치가 가능하도록 현재 사고현장에서 얻을 수 없었던 새로운 정보를 제공해 줌으로써 신속한 의사결정을 유도해야 한다.

3. 기름오염사고 위험도 설정

3.1 기름오염사고 위험도 설정 모델링

현행 법령상 안전 및 위험도와 관련된 지수(지표)는 교통문화지수, 교통안전도 평가지수, 위험유발지수, 산불위험지수, 식생활 안전지수, 지역안전도진단, 환경보건지표 등이 있는데, 기름오염사고 위험도를 설정하기 위해 단위가 통일되지 않은 다량의 정보를 통합하여 용이하게 이해할 수 있도록 간단한 형식으로 구성하는 복합지수를 적용하였고, 적용된 복합지수 산출방법은 현행 자치단체별 교통안전도 수준을 비교·평가함으로써 교통안전에 대한 자치단체의 관심과 경쟁을 유도하기 위하여 도로교통공단에서 사용하고 있는 “교통안전지수” 산정방법을 활용했다.

지난 12년간(2004～2015) 발생한 기름유출사고의 기초데이터를 통해 선종, 유종, 유출량, 해경서-사고위치 최단거리 및 소요시간의 변수를 사고별로 표준점수(Z점수)로 변환하여 지표합계를 도출했다. 이후, 각 사고발생 전 3년 동안의 데이터를 통해 최대 및 최소 목표값을 설정한 후 최종점수(백분위 정규화)를 도출했다.

1) 기초변수 추출

Table 1과 같이 2004년부터 2015년까지 각 기름유출사고별 선종, 유종, 유출량, 해경서-사고위치와의 최단거리 및 소요시간을 변수로 선정하여 3,482개의 기초변수를 추출했다.

Table 1. Basic parameters

Basic parameter		Note
Vessel type		fishing vessel, tanker, cargo, the others, unknown, on shore
Oil type		light oil, heavy oil, crude oil, oil mixture, the others, wastes
Amount of spilled oil		ℓ
Location of KCG-accident	The shortest distance	a lineal distance (km)
	The time required	10 knot per hour

*KCG: Korea Coast Guard

2) 표준점수 변환

기초변수는 단위가 서로 다르고, 변수의 성격에 따라 그 범위의 차이가 크기 때문에 발생·피해·환경지표의 산출값을 동일한 기준에서 비교하는 것은 불가능하다. 그러므로 각 지표의 평균과 표준편차를 이용해 식(1)과 같이 표준점수 (Z점수)로 표준화한다.

$$Z = \frac{T - \mu}{\sigma} \quad (1)$$

- T = *raw data*
- μ = *Average*
- σ = *Standard deviation*

정량적 데이터인 유출량, 최단거리, 소요시간 변수와는 달리 선종과 유종 변수은 명목적(nominal) 데이터이기 때문에 각각의 하위변수로 구분해 하위변수별 통계적 데이터를 기초하여 정량화 작업을 실시했다.

3) 지표합계 및 목표값 설정

5종의 기초변수에 대한 산술합계(Arithmetic sum)를 통해 사고별 지표합계값을 산출하며, 사고의 최대와 최소 범위안에 포함되어야 실현가능성이 있는 지수를 산출할 수 있다. 이를 위해 Z점수로 변환된 최근 3년간 각 변수별 최대·최소값은 Table 2와 같으며 이를 각 변수별 목표값을 산정한다.

Table 2. Target values of max. and min. by year

Year	Max. target value	Min. target value
2006	22.643013	-2.70075
2007	22.643013	-2.868766
2008	17.907483	-2.868766
2009	24.566905	-3.157616
2010	24.751033	-3.157616
2011	25.252731	-3.157616
2012	25.252731	-3.347693
2013	25.252731	-3.347693
2014	22.884211	-3.347693
2015	22.299226	-3.041611

4) 기름유출사고 위험도 설정

사고별 표준점수와 연도별 최대·최소 목표값을 기초하여 기름유출사고별 위험도를 식(2)와 같이 산출한다.

$$\frac{(\max.Tv - S)}{(\max.Tv - \min.Tv)} \times 100 \quad (2)$$

- *max.Tv = Target value of maximum*
- *min.Tv = Target value of minimum*
- *S = Sum of oil spill accident parameter*

2004년 기름유출사고부터 계산된 수식은 각각의 사고발생 전 3년동안 최대 및 최소 목표값을 활용하기 때문에 최소 0점부터 최대 100점의 범위에서 산출된다. Fig. 2와 같이 2006년 이후 기름유출사고의 위험도에 대하여 100건의 이동평균을 기준한 추세선(실선)은 20점을 전후하여 2008년을 정점으로 하향추세를 보이다가 2012년부터 증가추세로 나타났다.

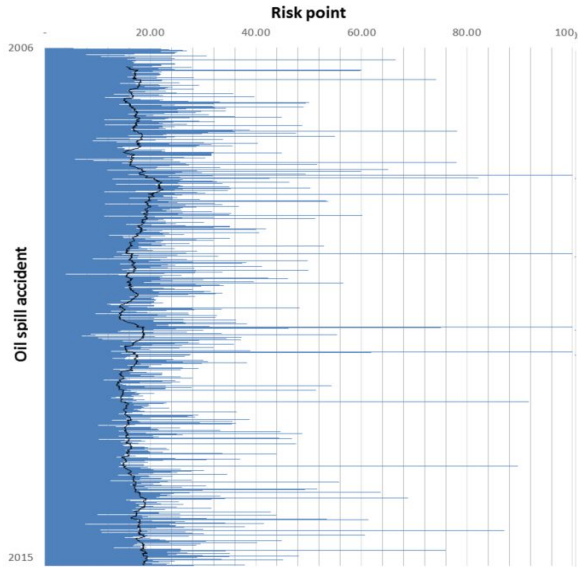

Fig. 2. Oil spill final score(2006～2015).

5) 해역별 위험도 설정

한반도 해역의 경도 121도～133도, 위도 30도～39도의 범위에서 2분 간격으로 2,700개의 균등한 크기의 cell로 구분하여 각 셀에 포함되는 기름유출사고의 위험도를 합산한다. 이를 통해 산출된 해역별 위험도는 값이 클수록 위험도가 높다.

3.2 기름오염사고 위험도 유효성 평가

1) 유효성 평가방법

산출된 기름유출사고 위험도의 유효성을 검증하기 위해 3년 이동평균을 통해 다음연도의 위험도를 산출하고 이를 실제 위험도와 비교·검증했다.

2) 기름오염사고 위험도 유효성 평가

2004년부터 2015년까지 여수해역[1]에서 발생한 기름오염사고는 159건의 선종, 유종, 유출량, 해경서-사고위치 최단거리 및 소요시간 변수를 기초하여 Table 3과 같이 평균·최대·최소 위험도를 산출했다.

Table 3. Data of oil spill and risk score

Year			06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	Aver age
Oil spill	Total Num.		10	13	22	11	17	12	12	11	11	10	
	Volume(㎘)	Total	5.5	1.6	2.5	2.2	0.6	5.2	0.2	5.6	35.8	2.5	
		Aver-age	0.5	0.1	0.1	0.2	0.04	0.4	0.02	0.5	3.2	0.2	
		Max.	5.0	0.8	0.9	1.0	0.1	2.5	0.9	5.0	30.9	2.0	
Rick Score	Average	Score	14	8	16	**13**	**10**	**13**	**13**	**13**	**15**	**17**	
		M/A	-	-	-	**12.5**	**12.3**	**13.0**	**12.0**	**12.2**	**13.1**	**13.8**	
		Score-M/A				**0.5**	**2.3**	**0**	**1.0**	**0.8**	**1.9**	**3.2**	**0.73**
	Max	Score	22	15	27	**18**	**21**	**19**	**18**	**19**	**19**	**21**	
		M/A	-	-	-	**20.9**	**19.7**	**21.7**	**19.0**	**18.9**	**18.4**	**18.7**	
		Score-M/A				**2.9**	**1.3**	**2.7**	**1.0**	**0.1**	**0.6**	**2.3**	**0.33**
	Min	Score	7	0	5	4	3	7	8	5	10	11	
		M/A	-	-	-	3.9	2.9	3.9	4.6	5.9	6.5	7.6	

* M/A : Moving average

1) 해역 위경도 범위: (36.80N, 127.60E), (36.80N, 127.80E), (36.60N, 127.60E), (36.60N, 127.80E)

산출된 위험도를 검증하기 위해 해당년도부터 지난 3년 동안 위험도를 이동평균하여 위험도 추세와 실제 사고데이터가 포함된 위험도를 비교·검증했다. 매년 10건 이상의 기름오염사고가 발생하는 여수해역은 2~5㎘가량의 기름이 유출되지만 30.9㎘가 유출되는 단일사고도 발생했다. 사고발생수와 유출량과 더불어 선종, 유종이 반영된 평균위험도는 13점대, 최대위험도는 19점대를 나타냈고, 실제 위험도와 1점 이내 오차를 보이며 산출된 점수가 실제점수와 유사함을 확인했다.

각 기초변수는 단위가 서로 다르고, 변수의 성격에 따라 그 범위의 차이가 크기 때문에 각 데이터를 동일한 기준에서 비교하는 것은 불가능함에도 불구하고, 2006년부터 2008년의 위험도를 기준으로 2009년 위험도를 예측한 결과 평균 12.5점, 최대 18점이 나왔고, 2009년 실제사고를 반영한 위험도도 평균13점, 최대 20.9점이 나왔다. 또한 실제사고를 반영한 위험도와 3년동안의 위험도를 통한 위험도 예측값이 평균적으로 평균위험도는 0.73점, 최대위험도는 0.33점의 차이를 보임에 따라 위험도 산출식을 통한 최대/평균 평가값과 실제사고 데이터를 반영한 유출사고/유출량 지표의 상호비교 결과 상당히 유사함을 확인했으며, 셀의 기름유출사고 위험성을 표시하는 지표로 사용할 수 있음을 확인했다.

4. 기름오염사고 위험도 매핑 프로그램 개발

4.1 데이터베이스 설계

1) ENC shape 설계

ENC는 국립해양조사원, 한국해양조사협회이 여러 단계 레벨로 제공하고 있으나, 본 프로그램에서는 선박운항을 위한 해상의 자세한 정보제공이 아닌 기름오염사고의 위험도를 시각적으로 표시할 수 있도록 기본적인 육상-해상 구분 및 해역표현이 가능하며, 안드로이드 기반 스마트기기에서도 원활한 동작이 가능하도록 Google사에서 제공하고 있는 Google maps API를 이용했다.

한반도 해역의 데이터 영역은 해경의 위경도 최대범위인 경도 121도～133도, 위도 30도～39도의 범위에서 2분 간격으로 2,700개의 균등cell로 표현되는 해도레벨 1의 위험도 데이터가 표현된다. 그리고 UNCLOS에 적용되는 인접국가와의 영해, 접속수역, 배타적경제수역 등의 포함되지만, 해경이 수행한 기름유출사고에 기초한 위험도를 산정하고 구현함에 따라 방제활동을 수행한 해역의 위험도 정보는 제공하는 것으로 Fig. 3과 같이 설정했다.

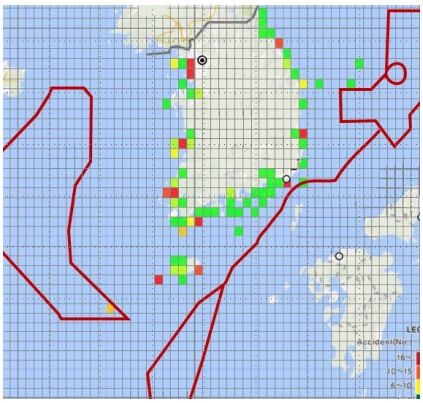

Fig. 3. Data distribution of ENC.

2) Display format 개발

각 셀의 산출된 해역평가값은 Fig. 4와 같이 5가지 색깔로 표시된다. 투명 → 파랑 → 초록 → 노랑 → 빨강 순으로 위험도가 높게 표시되고, 셀의 크기는 Level 1부터 동일한 크기로 표현함으로써 각 셀별 평가값을 직접적으로 비교할 수 있다.

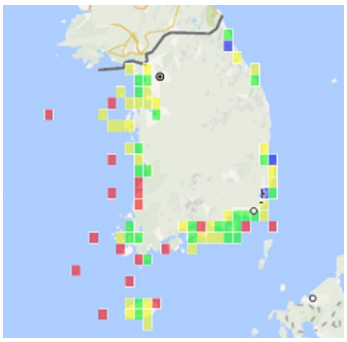

Fig. 4. Risk score of cell.

2004년부터 2015년까지 발생한 기름유출사고의 위치(⊕)를 연도별로 확인할 수 있으며, 사고별로 사고위치 아이콘을 터치하면 사고이력이 Fig. 5와 같이 표시된다. 사고이력은 사고년도, 사고관할기관(해경서)명, 선종, 오염물질, 총유출량이 표시되고, 사고위치의 위·경도 정보가 표시된다.

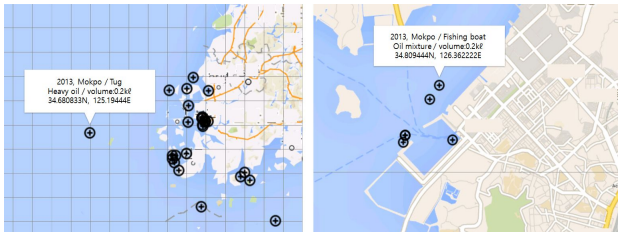

Fig. 5. Display of accident history (Lv. 3 (left), Lv. 5 (right)).

4.2 기름유출사고 위험도 프로그램

1) 프로그램 개발

안드로이드 기반의 스마트기기에 구현되는 애플리케이션으로써 가로 고정형으로 화면에 표현된다. 2006년부터 2015년까지 해역의 위험도를 시각화하여 Fig. 6과 같이 표현되어 있으며, 연도별로 해역의 위험도를 선택하여 확인할 수 있다.

2) 사용자 인터페이스

프로그램에서 필요한 아이콘은 최대한 간편하고 손쉽게 사용할 수 있도록 최소화 시켰다. 프로그램을 사용하는데 직접적으로 필요한 6개의 버튼과 화면에서 표시된 내용이 이해하기 위해 도식으로 구분된다. 위치버튼은 연도별 사고위치를 표시하고, 격자버튼은 2,700개로 균등하게 구분된 해역범위를 표시하며, 관할버튼은 각 해경서의 관할해역을 구분하여 표시한다. 또한, 각 년도를 선택할 수 있는 연도버튼이 있으며, 현재위치는 애플리케이션 사용자의 위치를 화면상에 표시한다.

화면의 zoom in-out시 정북방위가 변경되었을 때 표시되어 방위의 혼돈을 방지하고 나침반 버튼을 터치하면 North up으로 지도방향이 전환된다. 화면에 표시된 모든 버튼은 터치형식으로 입력이 가능하며, 손가락을 사용한 two finger zoom, two finger rotate에 의해 지도의 확대, 축소, 회전 및 scroll기능이 가능하다.

5. 결 론

본 연구는 우리나라에서 발생한 기름유출사고의 해역별 위험도를 산출하고 시각적으로 연도별로 표현 가능하도록 프로그래밍하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

첫째, 기름유출사고 고유데이터를 기초하여 전혀 다른 변수를 단일점수로 산출했으며, 해역별 기름유출 위험도를 정량적인 수치로 산출했다.

둘째, 산출된 사고별 위험도로 해역별 위험도를 도출했으며, 이용의 극대화를 위해 스마트기기에서 실행이 가능한 프로그램을 구현했다.

셋째, 해당해역의 기름유출사고 위험도를 손쉽게 확인이 가능해짐에 따라 해역에서 필요한 인적·물적 장비 등의 효율적인 대비 전략수립 등의 활용이 가능하다.

본 연구를 통해 기름유출사고 위험도를 특별한 제약없이 편리하고 신속하게 판단할 수 있게 됨에 따라 기름유출사고의 선제적인 대비활동에 도움을 줄 수 있을 것이라 판단된다. 하지만, 위험도 점수의 절대값(10점은 주의, 20점은 위험 등) 기준마련 연구와 효율적인 대비전략 수립을 위한 해역에 대한 기름유출사고 프로파일에 대한 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이다.

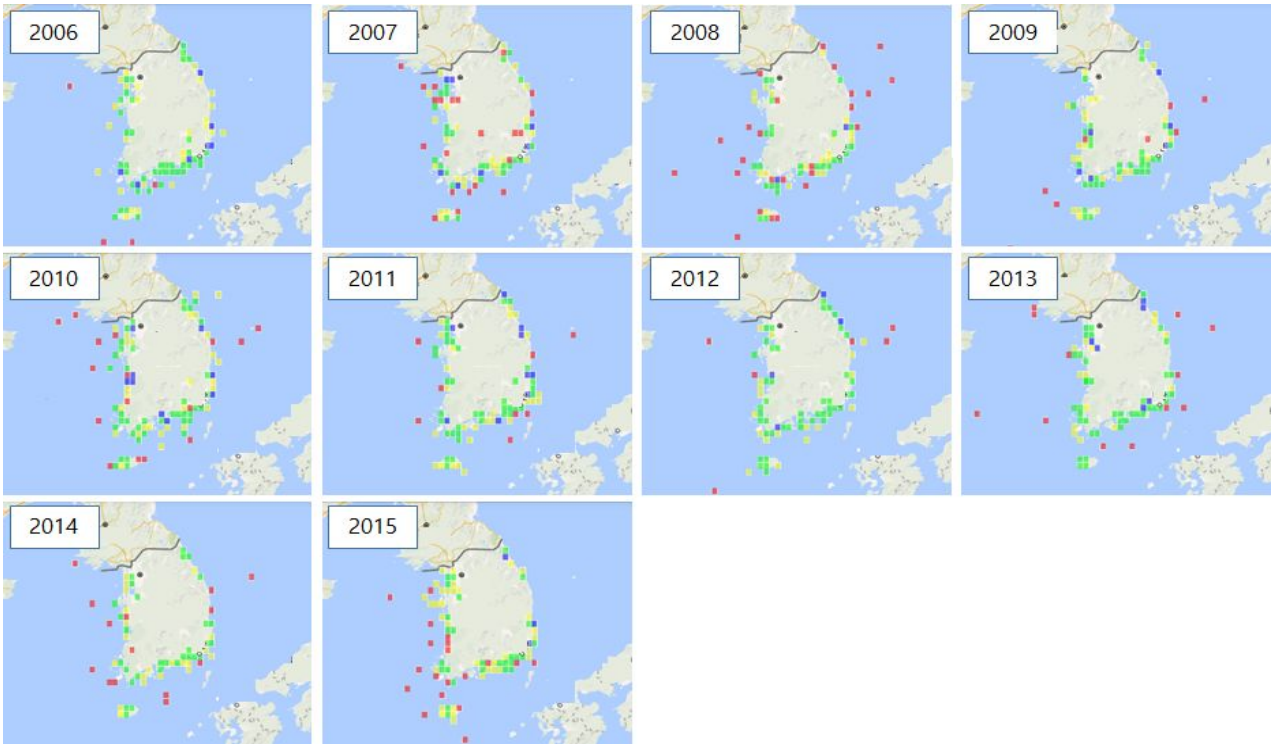

Fig. 6. Risk score color of cell (2006~2015).

References

[1] Choo, B. J. and Y. S. Jung(2006), Analysis of resients participation cause using system dynamics, The Korea Local Administration, Vol. 64, No. 1, p. 138.

[2] Kim, S. W.(2008), The Proposal for Improvement of Oil Pollution Preparedness and Response System from the Oil spill incident of the Tanker Hebei spirit, Environmental Engineering Research, Vol. 30, No. 2, p. 115.

[3] Kwon, K. S.(2012), The consideration of MARPOL Regulation 37 (item 2.3) SOPEP APP 8 and OPRC convention Article 8, The Korean Society for Marine Environment and Energy, 2012 Autumn symposium, pp. 276-279.

[4] Moon, J. H., M. J. Ha and J. H. Yun(2015), Analysis of marine pollution management cause using system dynamics, J. Navig. Port Res., Vol. 39, No. 1, pp. 23-28.

[5] Yun, J. H., S. K. Gook, S. W. Kim, J. H. Moon and H. S. Yun(2010), A Study on improvement of current national response capability, The Korea Society of Marine Environment & Safety, 2010 Spring symposium, pp. 23-29.

Received : 2016. 07. 21.
Revised : 2016. 08. 16. (1st)
: 2016. 08. 25. (2nd)
Accepted : 2016. 08. 29.