

# 해상 유출유의 기계적 회수를 위한 소요 오일붐 산정프로그램 (OBC Program) 개발에 관한 연구

문정환\* · † 윤종휘 · 하민재\*\* · 전다운\*\*\*

\* 한국해양대학교 대학원 해양경찰학과, † 한국해양대학교 해양경찰학과, \*\*,\*\*\* 한국해양대학교 대학원 해양경찰학과

## A Study on development of oil boom computation program (OBC Program) for mechanical oil clean-up

Jung-Hwan Moon\* · † Jong-Hwui Yun · Min-Jae Ha\*\* · Da-Woon Jeon\*\*\*

\* Department of Coast Guard Studies, Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

† Department of Coast Guard Studies, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

\*\*,\*\* Department of Coast Guard Studies, Graduate school of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**요 약** : 이 연구에서는 해상에서 발생한 기름 유출 사고시 효율적이고 효과적인 방제활동을 실시하기 위해 누구나 사고초기부터 오일붐의 필요량을 신속하고 간단하게 제시해주는 프로그램의 개발하려고 한다. 해상에서 기계적회수를 위해 기본적으로 필요한 유회수기와 임시저장탱크의 적정한 필요수량은 제시되었으나, 오일붐의 필요수량은 제시되지 못하고 있다. 이에 따라 프로그램 개발을 위해 해양선진국 및 국제해사기구(IMO)에서 제시한 방법들을 활용해 유출규모와 유막특징을 입력함으로써 오일붐의 필요최소량과 권고량이 제시되도록 NI(National Instruments)사의 LabVIEW 2010버전으로 프로그래밍 되었다. OBC Program을 통해 1.누구나 쉽게 오일붐의 필요량을 파악할 수 있고 2.신속하게 오일붐의 필요량이 파악되어 방제활동 대응시간을 단축시켜주며 3.단축된 대응시간만큼 피해규모의 축소를 기대할 수 있다.

**핵심어** : 소요 오일붐 산정프로그램, 오일붐, 필요량, 방제현장

**Abstract** : This paper deals with development of an oil boom computation program (OBC Program) for effective response to oil spill. Currently, programs for showing required minimum quantities of oil skimmers and temporary storage tanks have been developed. However, a program for oil boom has not developed, which causes difficulties in oil spill management. The OBC program was developed using LabVIEW 2010 for solving above problems. The OBC program has following strengths: 1. Both experts and non-experts can calculate required quantities of oil booms, 2. The program can save response time, 3. It can reduce damage to properties and marine environment in proportion to reduced response time.

**Key words** : oil boom computation(OBC) program, requirement quantity, response site

## 1. 서 론

해상에서 기름이 유출되면 이를 오일붐으로 포위전장 및 유도전장해 포집한 후 유회수기로 회수한 기름을 임시저장탱크에 임시보관 하는 기계적 회수가 실시되며, 신속하고 효율적인 대비·대응을 위해 각국은 필요수량을 산정하고 있다.

현재, 유회수용량에 대해서는 1일을 기준으로 회수가능용량의 산정이 가능함에 따라 소요 유회수기에 대한 대비도 가능하지만, 오일붐의 경우 해상상태 및 장소, 유막의 두께 및 전장방법 등의 환경에 따른 필요량의 차이로 인해 일률적으로 소요수량을 산정이 어렵다.

더욱이 어렵게 산정된 오일붐의 소요수량은 각각 다른 기름

유출사고에 따라 동일하게 적용할 수 없기 때문에 신속한 방제활동에 활용하기 어려운 단점이 있다.

이 논문에서는 이러한 각각의 상황에 따라 다르게 산정될 수 밖에 없는 오일붐의 필요수량을 현장에서 유출된 기름의 규모와 유막의 특징을 입력함으로써 오일붐의 소요수량을 산정할 수 있게 됨에 따라 신속한 방제활동과 환경적·경제적 피해의 최소화를 기대할 수 있다.

## 2. 각국의 오일붐 필요량 산정

유출된 기름의 해상에서 기계적 회수를 실시하기 위해 오일붐 포집과 유회수기 회수가 실시되며 이와 함께 회수된 기름

\* 대표저자: 연회원, howdy617@hhu.ac.kr 051)410-4834

† 교신저자: 종신회원, jhyun@hhu.ac.kr 051)410-4279

\*\* 연회원: hmj153@hhu.ac.kr 051)410-4834

\*\*\* 연회원: down83@hhu.ac.kr 051)410-4834

은 임시저장탱크에 보관하게 된다. 이로 인해 해상방제를 실시하기 위해서는 반드시 3가지 장비는 필요하며, 기계적 회수를 위한 필수 장비 중 오일붐 필요량 산정에 관한 해양선진국의 산정방법을 검토한다.

2.1 미국

기름유출사고 시 해상방제활동으로 인한 기름회수량을 유종과 사고장소에 따른 분산량을 제외한 잔량을 해상방제 기름회수량으로 산정하고 이에 따른 1일 유효기름회수량(EDRC, Effective Daily Recovery Capacity)을 산정하고 있다(해양경찰청, 2009). 필요수량은 유출사고를 M급에서 W3급까지 구분해 on water와 off shore로 해역을 나누어 유효회수의 적정량과 더불어 충분한 양의 오일붐을 배치하도록 하고 있으나, 산정식 등의 구체적인 수량은 제시하지 못하고 있다.

Table 1 Minimum measurement of oil boom by OSRO (unit : fit(m))

Class	On water	Off Shore
M	1,300(396)	8,000(2,438)
W1	1,300(396)	30,000(9,144)
W2	1,300(396)	30,000(9,144)
W3	1,300(396)	30,000(9,144)

2.2 캐나다

500m의 오일붐에 1m두께의 기름이 포집되었을 때 200톤의 기름이 포집된다는 경험식에 기초하여 오일붐의 필요수량을 산정하고 있다(해양경찰청 2009). 산정 시 평균 1cm 유막두께의 회수기름 절반은 해상에 부유하고 있고, 나머지 절반은 항만, 해안부근으로 유도해 해안에서 회수하는 것으로 가정하고 있다. 또한 해안방제량 중 10%는 다시 해상으로 되돌아감에 따라 해상회수량에 추가되어야 한다.

해상부유 기름과 해안부근에서 기름 포집 및 보호에 대한 오일붐의 필요수량은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$B_f = 1.25 \times H_s$$

$$B_s = 0.624 \times H_s$$

- B<sub>f</sub> : 해상부유 기름 오일붐 필요수량(m)
- B<sub>s</sub> : 해안보호 기름 오일붐 필요수량(m)
- H<sub>s</sub> : 유출량(tons)

2.3 일본

도쿄만(東京灣)에서 기름유출 사고가 발생하면 유출원 주위에서 포집 및 확산방지를 위해 사고선박을 이중으로 전장하는 것을 원칙으로 하고 있다(해상보안청, 2010).

도쿄만 유조선 터미널에 계류 중인 VLCC(260,000DWT)가 충돌사고로 인해 원유 23,000kl가 유출되었을 때 사고발생 6시간 이내에 이중 전장을 위해 46,000m의 오일붐이 필요하고

외해와 접한 연안역에서는 12시간 이내에 이중 전장이 가능한 수량이 필요하다.

2.4 한국

지난 1995년 7월, Sea Prince호 기름유출사고 이후 우리나라에서 발생 가능한 최대 기름유출량 중 1/3인 20,000톤을 해상방제 처리량으로 산정하고 해상수거를 대비하고 있지만, 해상수거를 위한 장비에는 장치에 의한 회수용량(20,000톤)만을 포함하고 있으며, 해상에 유출된 기름의 기계적 회수를 위해 마련하고 있는 기준을 살펴보면 Table 2와 같이 해양선진국과는 다르게 구체적인 기준을 제시하지 못하고 있다.

Table 2 The oil boom measurement per countries

U S A	sufficiency of oil boom
Canada	*on water : 1.25m per ton *off shore : on water/2
Japan	2m per ton
Korea	NA

3. 소오 오일붐 산정 프로그램 이론적 고찰

3.1 본협정 유색코드 (BAOAC: The Bonn Agreement Oil Appearance Code)

눈으로 색의 구별이 가능한 400~740nm의 가시광선 범위 안에서 기름표면에 반사되어 유막색이 서로 다른 파장으로 나타내는 색깔을 과학적인 문헌과 출판된 보고서에 따라 소규모 실험실 실험과 중규모의 외부 실험 및 해상에서 시험점검을 통해 제작되었다. 이 중 중요한 파라미터는 검은색을 나타내는 흡광도(Optical Density)이다(OTSOPA, 2003).

연속성을 띠는 빛은 조금씩 변화하기 때문에 다른 색이 겹쳐 보이기도 한다. 그러나 운용상 이유로 이같이 겹치는 현상은 배제하고 코드가 만들어 졌으며, 두께 간격은 법적 절차 및 방제활동에서 사용할 수 있는 유막의 기준치로 규정하고 있다.

Table 3은 본 협정에서 제시하고 있는 유막의 두께에 따른 유색과 유량이다.

Table 3 Oil Appearance Code

Code	Description Appearance	Layer Thickness Interval(μm)	ℓ /km <sup>2</sup>
1	Sheen	0.04~0.30	40~300
2	Rainbow	0.30~5.0	300~5,000
3	Metallic	5.0~50	5,000~50,000
4	Discontinuous True Oil Colour	50~200	50,000~200,000
5	Continuous True Oil Colour	≥200	≥200,000

① 제1코드 : 광택

Fig.1과 같이 매우 얇은 막으로 약간의 백색광이 반사되어 은색 또는 회색계열의 광택을 보인다. 0.04 $\mu$ m의 두께는 유막이 잘 보이지 않기 때문에 식별이 어려울 수 있다.

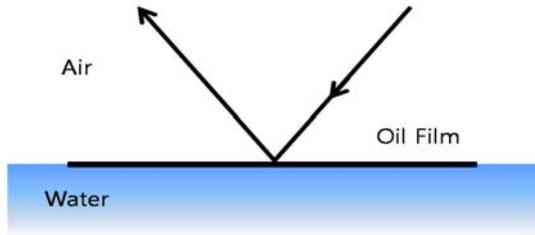


Fig. 1 Light Reflection From Very Thin Oil Films

② 제2코드 : 무지개색

유막에 빛이 비칠 때 물과 기름에 반사하게 되며 0.2~1.5 $\mu$ m의 유막은 Fig. 2와 같이 유막의 두께에 따라 다르게 산란되어 노란색, 분홍색, 자주색, 녹색, 청색, 빨간색, 동색, 주황색의 빛이 서로 다른 파장을 만들거나 사라지면서 선명하게 무지개색을 만든다.

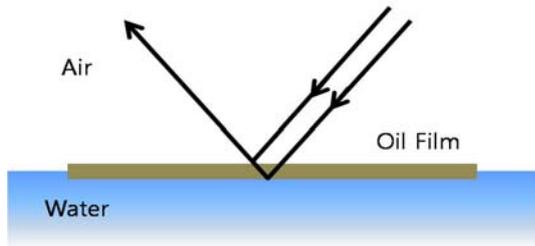


Fig. 2 Rainbow region

③ 제3코드 : 금속색

일반적인 색깔로 표현하기 힘든 이 유막의 색깔은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 모든 빛을 차단해 충분한 흡광도를 가지지 못하기 때문에 기름 원래의 색을 나타내지 못한다. 하지만 약간의 빛만 기름을 투과(점선)해 해수면으로 반사된다.

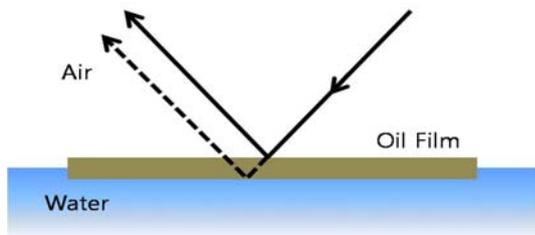


Fig. 3 Metallic region

④ 제4코드 : 불연속적인 기름원색

50 $\mu$ m이상의 두께를 가진 이 코드의 유막은 유막을 투과하지 못하고 유막에서 반사가 된다. 갈색의 기름은 갈색으로, 검은

색의 기름은 검은색으로 관찰된다.

바람과 해류의 영향을 받아 지속적으로 확산되는 유막 가운데 얇아진 부분은 금속색의 유색을 띄며 Fig. 4와 같이 기름 원색에서는 모든 빛이 반사되며 금속색에서는 일부 빛만 투과되어 반사된다.

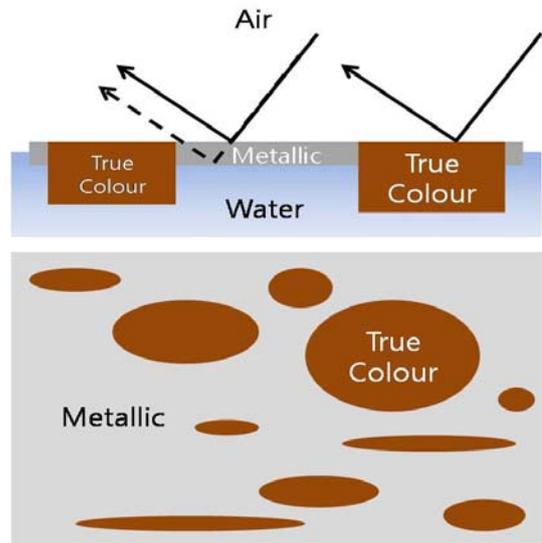


Fig. 4 Discontinuous true colour region and plan(overhead) view

⑤ 제5코드 : 연속적인 기름원색

제4코드와 같이 보이지만 단절된 곳이 없이 고른 유색이 관찰되며, Fig. 5와 같이 투과되는 빛이 없이 모두 산란되며 유종에 따라 특징이 크게 달라진다. 유색은 기상조건에 따라 산란의 정도가 다르며 흐린 날씨 일수록 더욱 많이 산란될 수 있다.

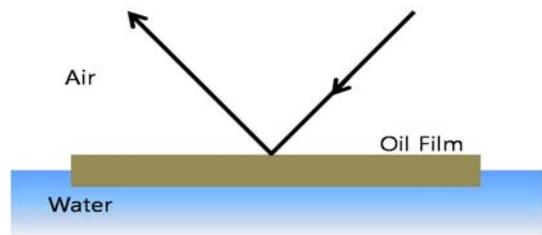


Fig. 5 Thick oil films

3.2 방제자원 필요수량 산정

해상에서 기름이 유출된 해역의 특성이 모두 다르고 유출된 기름의 특성과 양의 차이와 함께 J·U·V형 회수용 및 해안보호용 등으로 구분되는 오일붐 형태 등의 차이로 인해 일률적으로 산정하기에 어려움이 있으나 캐나다 산식을 참고해 방제기관이 보유하고 있는 내해용, 항만 및 연안용, 해안용의 오일붐 중 기름의 유출장소 및 해상상태 등을 고려한 동원율(0.5)을 적용해 소요수량을 산정하면 다음과 같다(윤, 2010).

$$B = (Q \times 2.5) \div 0.5$$

B : 총 소요오일뿔(m)

Q : 해상방제량

2.5 : 해상에서 포위전장한 기름1톤당 소요수량

0.5 : 오염장소 및 수심 등의 지형적 조건과 해상기상상태에 따라 적합한 오일뿔 선정을 감안한 오일뿔 동원율

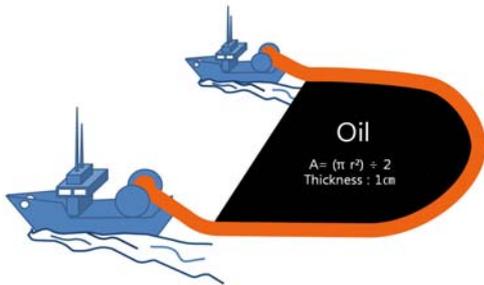


Fig. 6 Example of computation of boom required to contain spilled oil under assumption of 1cm thickness of oil slick

#### 4. 소요 오일뿔 산정 프로그램 개발

##### 4.1 소요 오일뿔 산정프로그램(OBC Program) 개발도구

NI(National Instrument)社에서 개발된 프로그램인 LabVIEW는 그래픽 G언어로 작성이 가능해 컴퓨터를 이용한 제어 및 계측 어플리케이션에 최적화되어 언어의 입력이 아닌 모듈화된 구조의 구축을 통해 프로그램의 설계가 간편하게 이뤄지고 이후 프로그램의 수정 등의 추가 작업이 용이하다. Fig. 7.은 OBC Program을 LabVIEW로 프로그래밍된 화면이다.

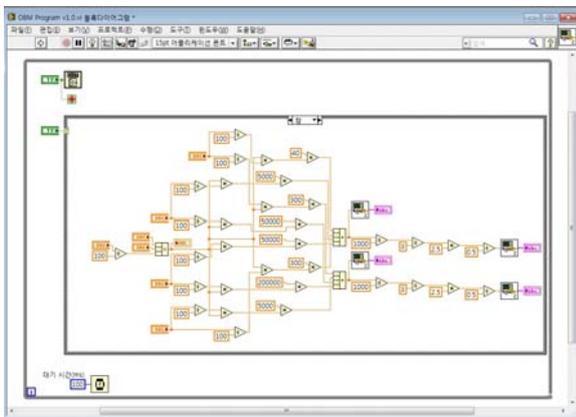


Fig. 7 The Block Diagram of OBC Program

입력 값의 단위를 단일화해서 입력되어 프로그램 상 필요한 단위변화와 문헌 및 실험을 통해서 설정된 수치가 입력된 데이터와 함께 읽혀 들어간다. 프로그램 상 변환된 데이터를 입

력모듈에 따른 가중치를 지정해 주고 입력 값에 따른 출력 환경을 설정해 준다.

##### 4.2 소요 오일뿔 산정프로그램(OBC Program) 설계

Fig. 8은 소요 오일뿔 산정프로그램(OBC Program)이 실행 되는 전반적인 흐름도이다. 선박 등에서 기름이 유출됨을 인지하고 프로그램이 설치된 개인용 컴퓨터를 이용해 유출된 기름의 너비, 길이, 분포 및 유색분포를 입력해 유출규모, 최소 및 최대 유출량이 계산되어 현장에 필요한 오일뿔의 최소량 및 권고량이 제시된다.

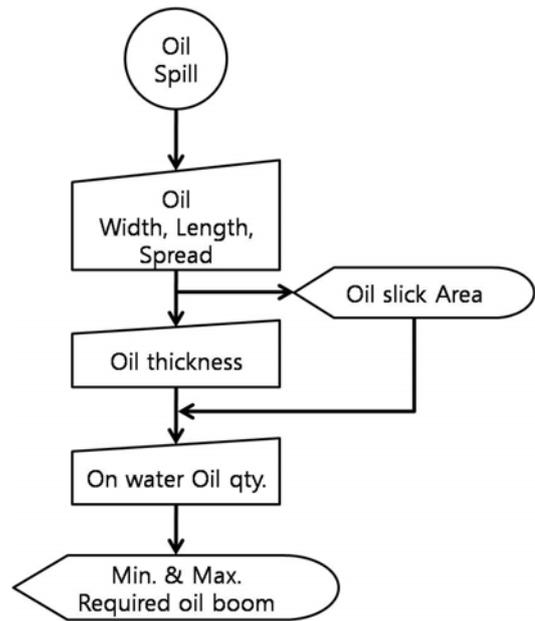


Fig. 8 Flow chart of OBC Program

##### 4.3 소요 오일뿔 산정프로그램(OBC Program) 인터페이스

Fig. 9는 소요 오일뿔 산정프로그램(OBC Program)의 실행 시 사용자 인터페이스를 나타낸 화면이다.

여러 화면에 필요한 사항을 기재해 결과가 도출되는 단계적 입력방식보다는 한 화면에서 입력 값과 출력 값이 표시되어 신속하게 결과 값을 확인할 수 있다.



Fig. 9 Oil boom computation program(OBC program)

프로그램은 좌우로 입력부와 출력부로 크게 구분되어지며 기름이 해상에 유출된 현장에서 인지되는 즉시 유출된 기름의 너비(width)와 길이(length)를 입력하고 입력된 해역에 분포하고 있는 기름의 퍼센티지를 입력하고 분포한 기름의 유막 구성색을 광택(sheen), 무지개색(rainbow), 금속색(metallic), 기름원색(true oil colour)의 4개의 카테고리에 맞게 입력하고 실행버튼을 누르면 우측의 출력부에 입력상황에 따른 유출규모와 최소 및 최대 유출량을 표시해 줌과 동시에 현장에 필요한 소요 오일분의 최소량과 최대량을 미터(m)단위로 나타낸다.

#### 4.4 소요 오일분 산정프로그램(OBC Program) 입·출력

해상에 유출된 기름의 너비와 길이가 각각 5km임을 인지하고 해당해역에 유출유가 30%정도 분포됨을 확인하고 Fig. 10과 같이 프로그램에 입력한다.

또한, 유막을 이루고 있는 색상 중 대표적으로 식별이 가능한 4가지(광택, 무지개색, 금속색, 기름원색) 유색을 카테고리에 맞춰 100%가 초과하지 않는 범위 내에서 확인된 유색의 분포를 입력한다.

Fig. 10 Input part of OBC program

Fig. 11 Output part of OBC program

확인된 유출유의 상태를 입력한 데이터와 프로그래밍을 통해 출력부에는 해상에서의 유출된 기름의 넓이(유출규모)와 부피(최소 및 최대 유출량)이 소요 오일분의 최소 및 최대량과 함께 제시된다.

해상에서 5km×5km 범위 내 30%의 기름이 분포하고 있을 때 눈으로 구분되는 유색이 광택 30%, 무지개색 20%, 금속색 30%, 기름원색 20%로 확인되었을 때 유출유의 확산 및 방제에 필요한 최소 소요 오일분은 145m이며, 효율적인 방제활동을 실시하기 위해서는 701m의 오일분이 필요하다.

이와 더불어 7.5km<sup>2</sup>의 해역이 유출된 기름으로 오염되었으며, 최소 86kl에서 최대 420kl의 기름이 유출되어 해당 해역을 오염시켰음을 프로그램에서 확인할 수 있다.

#### 4.5 소요 오일분 산정프로그램(OBC Program) 결과분석

기름의 특징(규모, 색)을 입력해 소요 오일분의 최소량과 최대량을 제시해 줄 수 있는 프로그램을 통해 동원해야 할 오일분을 사고해역 및 주변해역에서 보다 신속하게 동원 및 대비할 수 있게 되었다.

OBC 프로그램을 통해 산정된 부유기름의 최소량(86kl)과 최대량(420kl)이 약 5배정도 차이가 발생하는데 이는 유색에 따른 유막의 두께와 유출량이 4배(제4코드 불연속적인 기름원색의 유량)부터 16배(제2코드 무지개색) 범위로 산정된 본 협정의 유색코드(Table 3)를 기반으로 프로그래밍 되었기 때문으로 판단되며, 이 때문에 소요 오일분도 145m의 최소량과 701m의 최대량으로 산정되었다.

## 4. 결 론

본 논문에서는 해상에서 발생한 충돌, 좌초 등의 사고로 인해 유출된 기름을 신속하게 해상에서 회수하기 위한 기계적 회수방법 중 소요 오일분 수량을 산정함에 따라 방제활동의 대응시간을 단축시키고 나아가 환경적·경제적 피해를 최소화하기 위해 소요 오일분 산정프로그램(OBC Program)을 개발했으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 제어 및 계측 프로그래밍에 최적화된 LabVIEW의 그래픽 G언어를 이용해 해상에서 유출된 기름의 소요 오일분을 산정할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

2) 프로그램의 개발로 개인용 컴퓨터를 이용해 해상의 기계적 회수에 필요한 오일분의 소요량 산정이 방제활동기관에서 뿐만 아니라 사고 및 방제선상에서도 가능하게 되었다.

3) 해상상태 및 장소, 유막의 두께 및 전장방법 등의 환경적 요인에 따라 필요량의 차이가 생기기 때문에 일률적으로 소요 수량을 산정이 어려웠던 부분을 누구나 쉽게 산정이 가능하게 된 첫 번째 프로그램이라는 면에서 그 의미가 더욱 크다고 할 수 있다.

4) 유출사고시 프로그램 사용자에게 따라 소요 오일분의 권고량이 다소 차이를 보일 수 있으나 이는 산정 프로그램과 감지

기기와 연동 등의 추가연구를 통해 보완할 부분으로 사료된다.

### 참고 문헌

- [1] 윤중휘(2010), “재난적 해양오염사고 대비 적정 해상기름 회수용량 산출에 관한 연구”, 2010년 춘계학술발표회 프로시딩, pp.31-37
- [2] 해양경찰청(2009), “실용적 국가방제능력 산정방안 연구”, pp.167-168
- [3] 海上保安廳(2010), “東京湾 排出油等防除計畫”, pp.9-10
- [4] IMO(2005), “Oil Pollution, Preparedness, Response and Co-operation Convention(OPRC)”, Level 1, 2nd Edition, Appendix2
- [5] OTSOPA(2003), “Extended Guideline for the Use of the Bonn Agreement Oil Appearance Code (BAOAC)”, Annex B pp.10-14

---

원고접수일 : 2011년 5월 27일  
심사완료일 : 2011년 7월 11일  
원고채택일 : 2011년 7월 13일