

유처리제 사용해역 선정기준 개발

이문진[†] · 성홍근 · 강창구
해양연구원 해양시스템안전연구소

Development of guideline to use dispersants

Moonjin Lee[†], HongGun Sung and Chang-gu Kang

Maritime and Ocean Engineering Research Institute/KORDI
171 Jangdong, Yusung, Daejon 305-600, Korea

요약

우리나라 주변해역에 대한 유처리제 사용 가능여부를 판단할 수 있는 지침을 개발하고, 그 지침을 적용하여 우리나라 주변해역 전 연안에 대하여 유처리제 사용 가능여부를 나타내는 색인도를 작성하였다. 본 연구에서 유처리제 사용 가능여부는 수심조건과 환경민감자원에 미치는 영향으로 판단하였으며, 이러한 판단조건에 따라 우리나라 주변해역을 1) 현장방제책임자 재량으로 유처리제를 사용할 수 있는 해역, 2) 주변상황을 고려한 후 사용할 수 있는 해역, 3) 유처리제를 가능한 억제해야 할 해역 등의 3가지 해역으로 구분하였다. 본 연구의 결과로서 우리나라 주변해역을 12개로 구분한 세부해역에 대해 유처리제 사용 가능여부를 나타내는 색인도를 제시하였다.

Abstract – A guideline for decision of dispersants use zone was developed at the twelve local sea areas covering the whole Korean sea. In this study, the water depths and damage to sensitive resources were considered as the conditions of the decision of whether or not to use dispersants. According to the conditions of the decision, three kinds of zones were specified as following; 1) dispersants usable zone, 2) dispersants use approvable zone, 3) dispersants use restrictive zone. As the result, dispersants use zone at the twelve local sea areas covering the whole Korean sea are suggested.

Keywords: dispersants(유처리제), guideline to use dispersants(유처리제 사용지침), water depths(수심), sensitive resources(환경민감자원), Area Contingency plan(지역방제실행계획)

1. 서언

해상에서의 유류 유출사고시 대응방법은 유출유의 종류, 환경 조건, 가용인력과 대응장비 등에 따라 그 피해규모를 줄이기 위하여 가장 효율적인 방법이 선택되어야 한다. 해상에서 유출된 유류를 회수하는 방법으로는 크게 유회수기, 오일붐, 유흡착재를 이용한 물리적 수거방법, 유처리제에 의한 화학적 처리방법, 미생물에 의한 생물학적 방법 및 소각 등으로 구별할 수 있다.

유처리제는 해상에 유출된 유류를 화학적 방법에 의하여 처리하는 약제로서 유류입자를 미립자로 분해시켜 해수와 섞이기 쉬운 상태를 만듬으로써 자정작용 즉, 바테리아에 의한 미생물 분해 및 일조에 의한 증발, 산화작용 등으로 기름성분을 분해시키는 작용을 촉진한다. 유처리제에 의한 분산처리 방법은 해상에서 발생

하는 각종 유출사고시 물리적인 수거가 불가능할 경우에 오염에 민감한 지역의 피해를 줄이기 위하여 사용되는 유출유 방제방법으로 유출사고로 인한 생태계의 피해를 감소시키고 예측되는 각종 위험을 최소화하기 위하여 사용된다(IPIECA, 2000).

유처리제의 해양환경에 대한 영향은 분산된 기름이 수중에 분산되었을 때 해양생물의 독성영향이 주된 검토대상이다. 독성은 유처리제의 종류, 기름의 종류와 환경조건에 따라 다르기 때문에 이 분야에 대한 전문가의 자문이 필요하다. 현재까지 유처리제 사용 후 해상에 떠 있는 유막이 해양어류의 개체수를 감소시켰다는 증거는 없다. 바다에서 유처리제를 사용하는 것이 바다생물에 도움을 주지는 못하지만, 유처리된 기름이 깊은 바다에서 신속히 희석된다면 어류에게 악영향 또한 미치지 않는 것으로 보고되고 있다. 이에 추가해서 유처리제의 사용은 어류들이 기름에 직접 노출되는 것을 막아 준다. 그러나 천해에서는 유처리된 기름이 어류 특히 치어들에게 영향을 미칠 수 있는 농도에 도달할 수 있으므로

[†]Corresponding author: mjlee@moeri.re.kr

로, 천해 산란 및 생장지역에서는 유처리제의 사용이 바람직하지 않다(IMO/UNEP, 1995).

이와 같이 유처리제의 사용은 해역특성, 서식 생물의 종류, 사고 당시의 주변여건, 방제전략 등 많은 요소를 고려하여 결정되어야 한다. 그러나 실제 해양오염사고 발생시 현장에서 이러한 모든 요소를 검토하여 유처리제 사용여부를 결정하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 해양오염사고 발생시 현장에서 사용될 수 있는 유처리제 사용의 기본 지침으로서 보다 객관적인 기준을 제시하기 위하여 일반적인 해역특성을 고려한 사용해역 선정기준을 개발하였다.

2. 유처리제 사용 결정시 고려사항

2.1 결정절차

방제 대응전략의 한 요소로 유처리제가 필요한 곳에서는 신속한 대응을 위한 자원과 의사결정 과정 및 유처리제 사용에 대한 명확한 규정을 제공하는 것이 필요하다. 유처리제가 유류오염사고의 대응전략이 되는 경우, 방제실행계획에는 유처리제 사용절차와 방법에 대한 사전약속과 계획이 수립되어 있어야 한다. 방제실행계획을 준비함에 있어, “위해도 평가(risk assessment)”, “방제정보지도(ESI map)”, “승인절차(approval procedures)” 등을 고려하여야 한다.

의사결정 과정이 유출사고시에만 이루어져서는 안된다. 의사결정은 사전계획요소의 한 부분이며 오염사고계획을 다루는 한 부분이다. 따라서 관련기관에게 정의된 임무와 책임이 명확해야 한다. 가능한 신속한 조치를 취하도록 숙련된 요원과 필요한 장비를 확보해야 한다. 오염사고 대응계획은 기름특성, 기상조건, 해황에 따른 정보를 신속하게 얻기 위한 배치요소를 포함한다. 사고 지역의 수리학적, 즉 심학적, 그리고 생태학적 특성들을 나타내는 방제정보지도를 작성해야 한다. 이 지도는 어장, 조류 집단서식지, 특정보호구역 그리고, 거주지역을 포함한다. 이 모든 정보는 유출사고 대응책에 대한 환경적인 영향을 고려하는데 필요하다. 반면에 각각의 유출사고가 고유한 특성을 갖고 있다면, 유출예상지역의 사고위험을 분석하고 이에 따른 최상의 방제 활동순서를 정하는 것이 가장 중요하다(Fig. 1).

2.2 해역특성 고려

유처리제의 사용해역 및 시기의 결정은 환경영향 평가를 수행한 후 지역적 특성에 따라 해상에서의 분산 처리효과를 고려하여 최종 결정하여야 한다. 유처리제 사용시 고려하여야 할 해역특성은 다음과 같다.

- 유처리제가 사용될 해역의 수심
- 사용해역 주변의 민감해역 분포
- 사용해역의 해수유동 특성

2.3 환경순이득분석(net environmental benefit analysis)

방제계획단계에서는 해당지역에서 특정시간에 유처리제를 사용하는 것과 사용하지 않는 것의 장·단점을 비교분석하는 것이 필

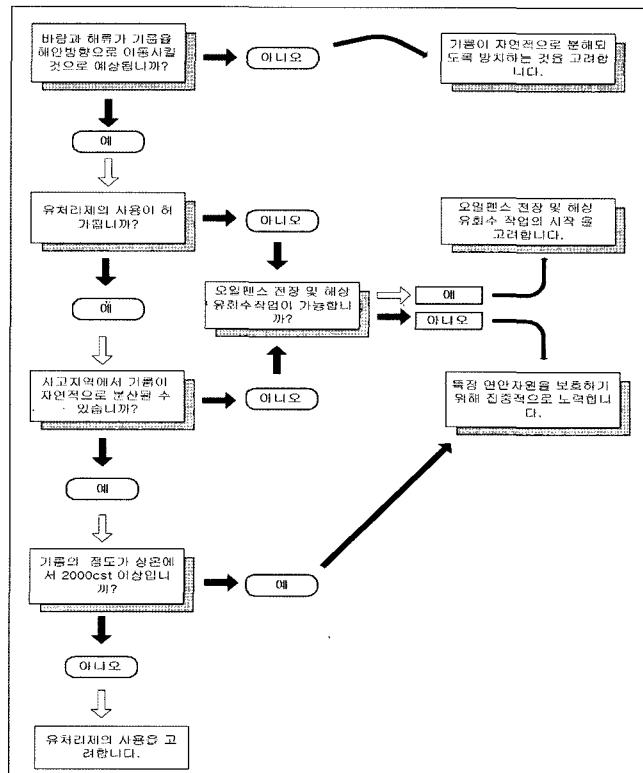


Fig. 1. Flowchart of decision process for using dispersants.

요하다. 이것은 유처리제의 사용 혹은 사용하지 않는 것이 환경에 더 큰 이득을 줄 수 있는지를 결정하기 위하여 선행되어야만 한다. 이러한 일련의 비교검토과정을 환경순이득분석(net environmental benefit analysis)이라 한다.

그러나, 유처리제를 사용할 것인지 말 것인지의 최종 결정은 누출사고의 제조건에 따라 달라진다. 모든 경우에 있어서 기름유출사고에 대한 대응은 자연 및 경제적 자원 등에 미치는 영향을 줄이는 것이 되어야 한다. 어떤 대응방법이 환경과 자원에 미치는 영향을 최소화할 것인지를 알기 위해서는 유처리된 기름과 유처리되지 않은 기름의 예측된 변화과정과 이에 대응하는 효과들을 충분히 고려할 필요가 있는 것이다.

환경순이득분석에서 중요한 몇 가지 질문은 다음과 같다.

유출된 기름의 종류와 양을 고려할 때, 유처리제의 적용이 얼마나 효과적일 것인가?

유처리된 기름은 회복될 것인가? 그렇다면, 이러한 수준으로 도달하는데 필요한 시간은 어느정도 걸릴 것인가?

생물군의 회복에 필요한 시간척도(time scale)는?

유처리제를 가능한 방제수단으로 포함시키는 결정은 해당지역에서 발생하는 유출사고의 위험도와 유류오염에 의해 영향을 받는 자원의 종류와 분포에 따라 결정된다. 이러한 자원은 경제적 자연적 가치를 지니고 있으며, 유처리제 사용과 관련하여 방제정보지도상에서 사용을 제한하거나 금지하는 영역을 표시해놓으면 효과적인 방제를 할 수 있다. 유처리제의 방제정보지도

는 지역과 계절에 따라 작성되어야 하는 것으로, 예를 들면 산란기에는 물고기의 산란지역에서의 유처리제 사용을 금지하여야 한다.

2.3.1 위험요소 평가

위험요소 평가를 위한 필수적인 부분은 잠재적인 유출 요인에 대한 평가이다. 이는 특정 지역에서 발생 가능성이 가장 높은 요인을 선정하는 것이다. 대표적인 예는

원유 생산지(유정)에서의 파열

유조선의 좌초 혹은 충돌

원유터미널에서의 기름 적재 혹은 하역

등이다. 각 유출요인은 유출된 기름종류, 유출규모(유출량), 유출율 및 유출위치 등의 독특한 특성을 가진다. 예를 들면, 유정에서의 유출 혹은 터미널 유출사고의 경우에는 때때로 기름의 물리적인 특성이 사전에 잘 파악되어 있다. 그것은 오염사고 대응 계획 과정 동안에 선택되어진 유처리제의 효과에 대한 시험을 가능케 한다. 그러나 유조선 사고와 같은 경우에는 기름의 특성이 사전에 잘 파악되어 있지 못하다. 유처리제 대응계획은 인지된 위험에 사용되기 위해 필요하다.

2.3.2 해양생태계 위험도 평가

오염사고 대응계획 단계에서 매년 특정시기 동안의 유처리제 사용유무에 대한 장·단점을 비교 검토하는 것이 필수적이다. 이것은 유처리제 사용 유무에 따라 환경에 이로움을 제공하는지 아닌지를 사전에 결정하기 위하여 이행되어야 한다.

다른 방제방법과 병합하거나 또는 단독으로 유처리제의 사용여부에 대한 최종적인 판단은 유출조건의 특성에 따라 달라진다. 모든 경우에 유출 대응의 목적은 자연적인 그리고 경제적인 가치를 지닌 자원에 대해 전반적인 환경영향을 감소시키는데 있다.

환경적인 영향을 분석하기 위해서는 그 지역에 있는 자원들을 보호 우선순위에 따라 목록을 만드는 것이 필수적이다. 이 목록은 오염사고 대응계획 단계에서 작성되어야 하며, 보호 우선 순위에 계절별 변화 내용도 포함되어야 한다. 또한 목록을 작성할 때, 자연적인 또는 경제적인 가치를 지닌 자원들도 고려되어야 한다. 일반적으로 우선 보호대상은 멸종위기에 처한 종, 생산성이 높은 지역, 보호서식지를 말하며, 기름을 회수하는데 장시간을 요하는 서식지는 가장 높은 보호 우선 순위로 선정되어야 한다.

3. 유처리제 사용해역 선정

전술한 바와 같이 유처리제 사용해역은 주변해역의 특성, 민감자원의 분포, 방제 효율성 등의 많은 요소를 검토하여 결정되어야 한다. 그러나 이러한 요소들은 해역에 따라 또는 시기에 따라 전혀 다른 기준으로 제시될 수 있으므로, 본 연구에서는 유처리제 사용에 있어 가장 기본이 될 수 있는 일반적인 요소들을 고려하여 Fig. 2의 12개 해역에 대하여 유처리제 사용해역을 구분하였다 (해양경찰청, 2000; 2001; 2002).

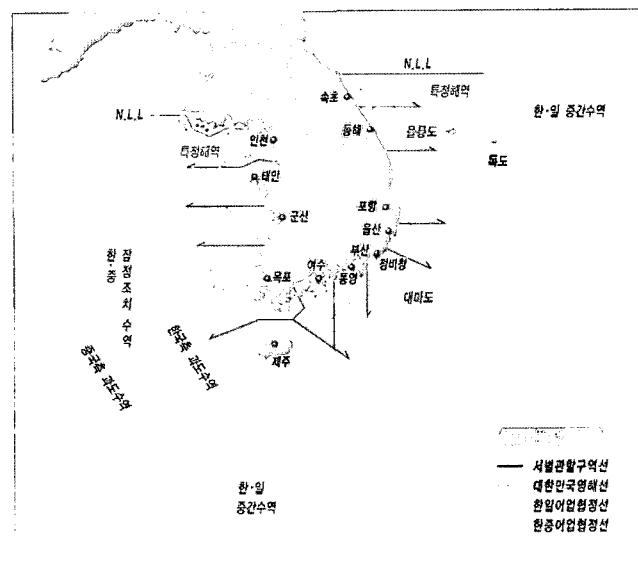


Fig. 2. Study areas on development of guideline to use dispersants.

3.1 유처리제 사용해역 구분

(1) 현장방제책임자 재량으로 사용할 수 있는 해역(ZONE 1)

주변해역의 수심이 20 m 이상인 경우

사용후 6시간 이내에 수심 10 m 이내의 연안, 어장 및 양식장, 산업시설, 위락시설 등에 영향을 미치지 않는 경우

물리적 수거가 어렵고, 특정 민감지역으로 이동하는 경우

(2) 주변상황을 고려한 후 사용할 수 있는 해역(ZONE 2)

주변해역의 수심이 10 m~20 m인 해역

사용후 3~6시간 이내에 수심 10 m 이내의 연안, 어장 및 양식장, 산업시설, 위락시설 등에 영향을 미칠 가능성이 있는 경우

(3) 유처리제를 가능한 억제해야 할 해역(ZONE 3)

주변해역의 수심이 10 m 이내인 경우

사용후 3시간 이내에 수심 10 m 이내의 연안, 어장 및 양식장, 산업시설, 위락시설 등에 영향을 미치는 경우

어장 및 양식장, 발전소 취수구, 종묘배양장 주변해역 또는 폐쇄성 해역

특정해역 중 수산자원보호구역으로 지정된 해역

*단, 수심이 10 m이내더라도 항만 내 또는 주변해역에 어장 및 양식장과 같은 민감자원이 없는 경우에는 유처리제를 사용할 수 있다.

3.2 유처리제 사용해역 선정조건

3.2.1 수심조건

유처리제 사용조건 중 수심조건에 따라 사용해역을 선정하였다. 수심조건은 해도에 표시된 수심을 평균 해수면하 수심으로 환산하여 적용하였다.

Fig. 2의 12개 해역 중 태안해역에서 “현장방제책임자 재량으

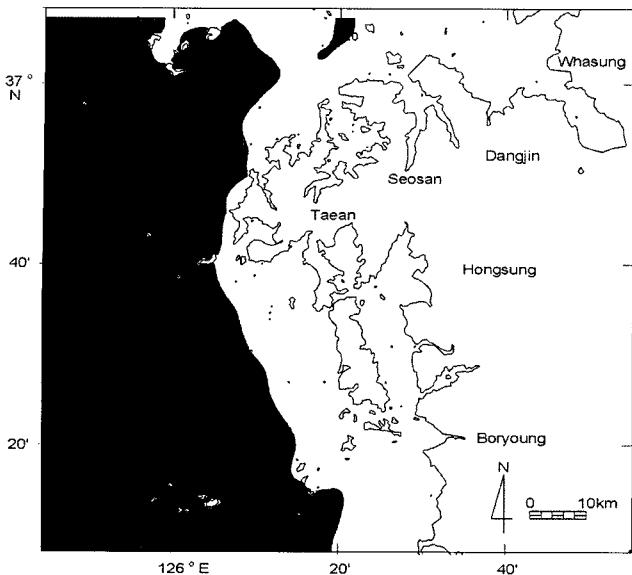


Fig. 3. Dispersants use possible zone of the sea off the coast of Taean under the condition of water depth(ZONE1).

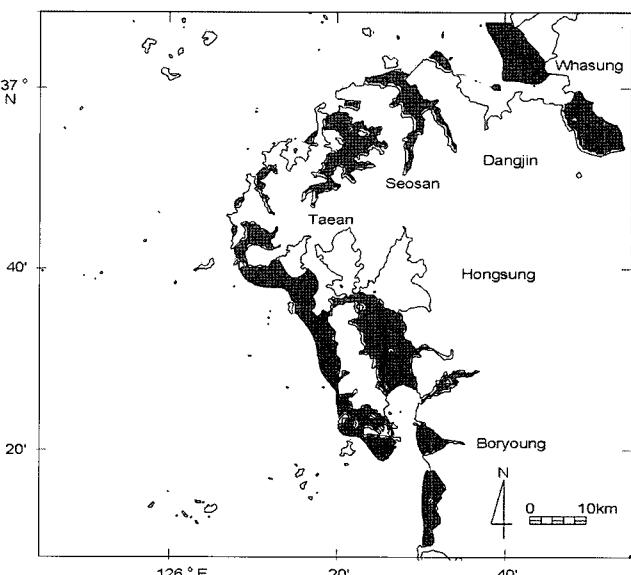


Fig. 5. Dispersants use restrictive zone of the sea off the coast of Taean under the condition of water depth(ZONE3).

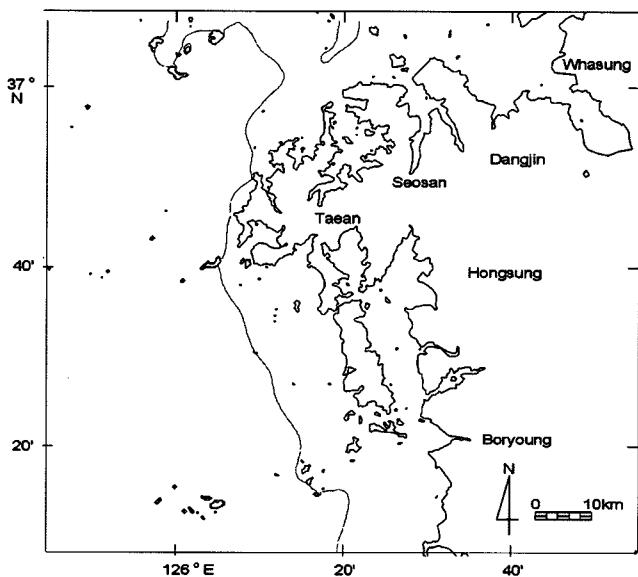


Fig. 4. Dispersants use approvable zone of the sea off the coast of Taean under the condition of water depth(ZONE2).

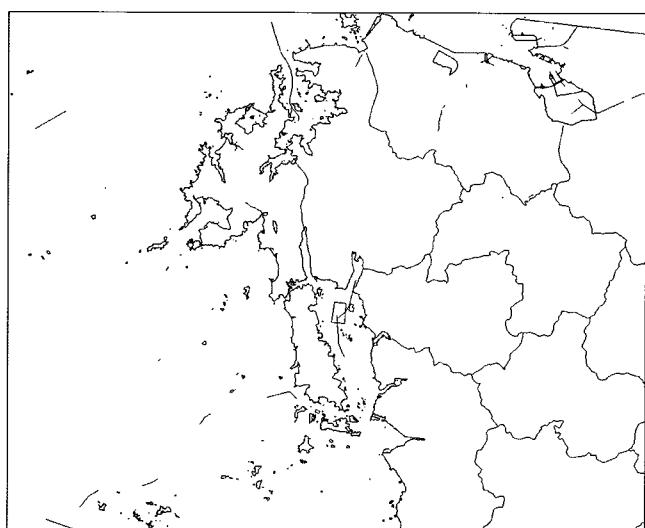


Fig. 6. Fishing grounds and aquaculture farms of the sea off the coast of Taean.

로 살포할 수 있는 해역(ZONE 1)"인 수심이 20 m 이상의 해역은 Fig. 3과 같이 해안선으로부터 약 10 km 이상 떨어진 외해를 나타낸다. 수심만을 고려한 경우 태안해역에서 "주변상황을 고려한 후 살포할 수 있는 해역(ZONE 2)"인 수심 10 m~20 m 해역은 Fig. 4와 같이 해안선을 따라 약 10 km 범위의 띠형태로 분포한다. 태안해역은 수심이 비교적 얕은 특성을 가지므로 "유처리제를 가능한 억제해야 할 해역(ZONE 3)"인 수심 10 m 이내 해역은 Fig. 5에 제시한 바와 같이 대부분의 연안이 포함된다.

3.2.2 환경민감자원 및 산업시설에 미치는 영향

유처리제 사용조건 중 환경민감자원 및 산업시설에 미치는 영

향을 고려하여 사용해역을 구분하였다. 환경민감자원 및 산업시설에 미치는 영향은 대상해역의 해수유동 특성을 고려하여 사용된 유처리제가 6시간 이내에 특정구역에 도달할 수 있는지 여부로 판단하였다. 유처리제의 이동 및 확산은 대상해역의 해수유동을 고려한 해양 확산모델을 이용하였으며, Fig. 6의 어장 및 양식장 분포현황과 Fig. 7의 산업시설과 같은 대상해역의 민감자원을 고려하였다.

도달시간만을 고려한 경우 Fig. 2의 12개 해역 중 태안해역에서 "현장방제책임자 재량으로 살포할 수 있는 해역(ZONE 1)"인 도달시간 6시간 이상의 해역은 Fig. 8과 같이 연안으로부터 약 1 km~2 km 이상 떨어진 외해를 나타낸다. 도달시간만을 고려한

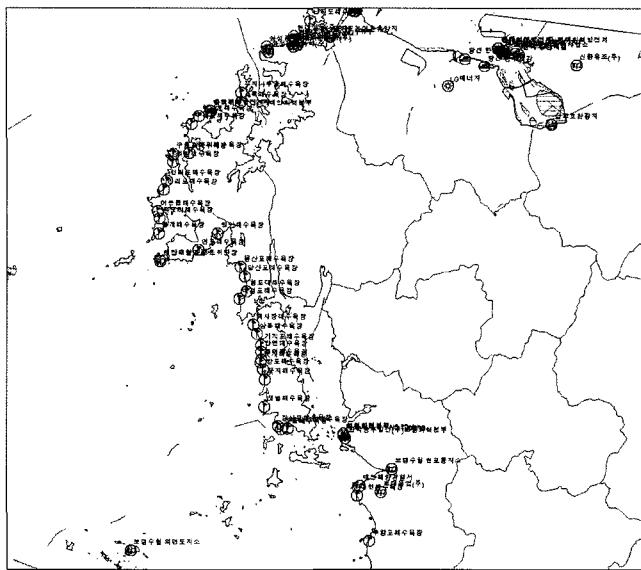


Fig. 7. Industrial resources of the sea off the coast of Taean.

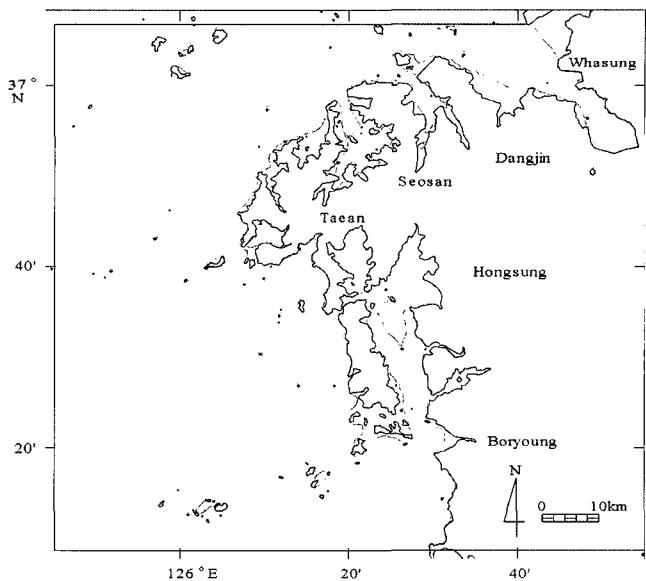


Fig. 9. Dispersants use approvable zone of the sea off the coast of Taean under the condition of damage to sensitive resources(ZONE2).

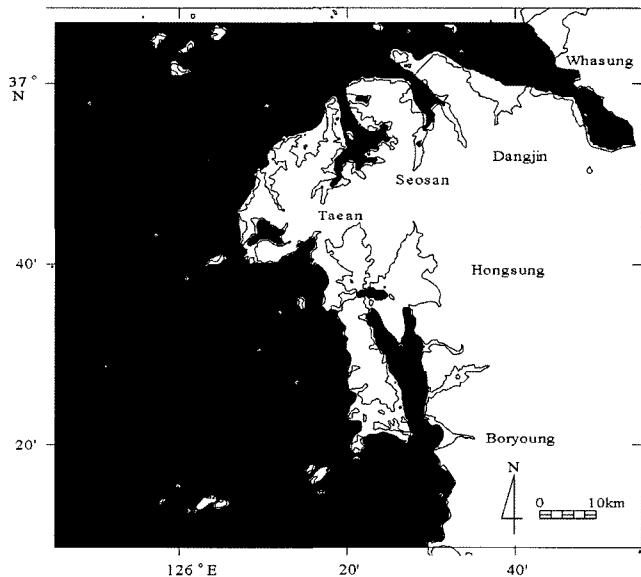


Fig. 8. Dispersants use possible zone of the sea off the coast of Taean under the condition of damage to sensitive resources(ZONE1).

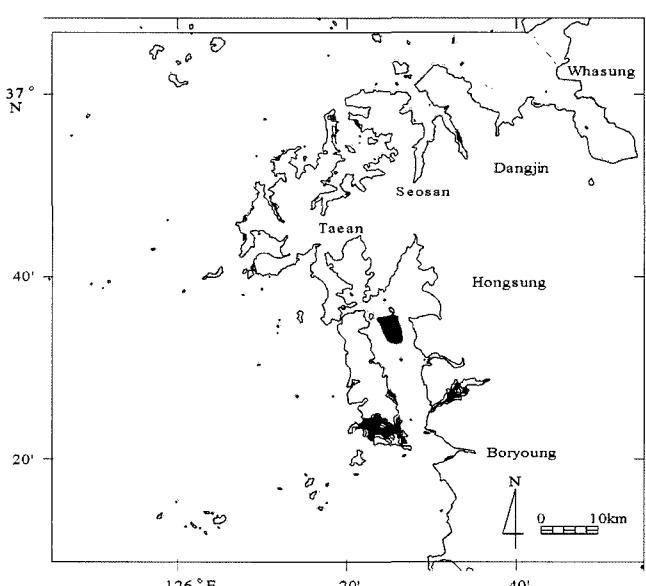


Fig. 10. Dispersants use restrictive zone of the sea off the coast of Taean under the condition of damage to sensitive resources(ZONE3).

경우 태안해역에서 “주변상황을 고려한 후 살포할 수 있는 해역(ZONE 2)”인 도달시간 3시간~6시간의 해역은 Fig. 9와 같이 특정구역 주변에 약 500 m 범위의 띠형태로 분포한다. 한편, “유처리제를 가능한 억제해야할 해역(ZONE 3)”인 도달시간 3시간 이내의 해역은 Fig. 10에 제시한 바와 같이 특정구역으로부터 반경 약 1 km의 범위를 갖는다.

3.3 유처리제 사용 해역 선정

수심조건과 해수유동을 고려한 특정해역 도달시간 조건을 종합하여 유처리제 사용 여부의 해역을 구분하였다. 최종 유처리제 사

용 여부 해역의 결정에서는 수심조건과 도달시간 조건의 두 조건에 의한 해역 구분 결과 중 보다 심각한 규제가 적용된 결과를 선택하였다.

본 연구에서 고려한 Fig. 2의 12개 해역 중 황해의 주요해역인 태안해역의 수심조건과 특정해역 도달시간 조건을 적용하여 최종적으로 결정한 “현장방제책임자 재량으로 사용할 수 있는 해역(ZONE 1)”, “주변상황을 고려한 후 사용할 수 있는 해역(ZONE 2)”, “유처리제를 가능한 억제해야할 해역(ZONE 3)”의 해역 분포는 Fig. 11과 같다. 또한 남해의 주요해역인 부산해역과 동해의 주

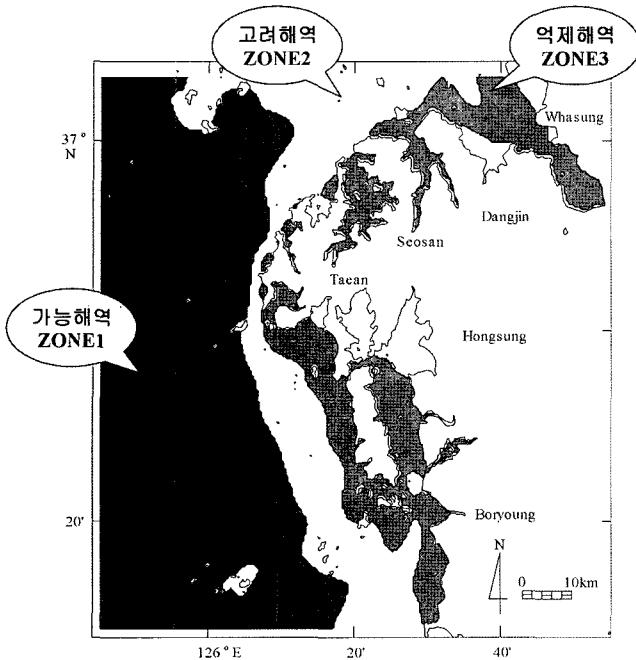


Fig. 11. Dispersants use zone of the sea off the coast of Taean.

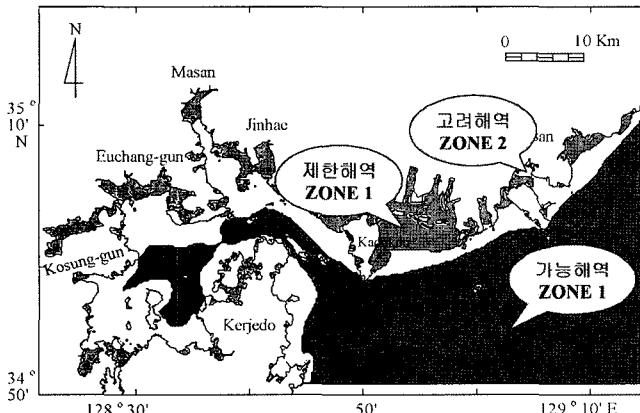


Fig. 12. Dispersants use zone of the sea off the coast of Pusan.

요해역인 울산해역의 유처리제 사용여부·해역분포는 각각 Fig. 12와 Fig. 13에 제시한 바와 같다.

4. 결 론

해양유류오염사고 발생시 유출유의 분산 및 희석을 위한 유처리제 사용 지침을 개발하기 위하여 해역특성을 고려한 유처리제 사용해역 선정기준을 개발하였다. 대상해역의 특성을 고려한 유처리제 사용 여부의 조건은 IMO/UNEP(1995)와 IPIECA(2000)의 지침서를 참조하였으며, 우리나라 주변해역의 해역특성과 우리나라 방제체계를 반영할 수 있도록 선정하였다. 본 연구에서 유처리제 사용여부는 대상해역의 수심과 민감자원에 대한 영향여부의 2가지 조건으로 판단하였으며, 각 조건에 따라 대상해역을 다음의 3종류로 구분하였다.

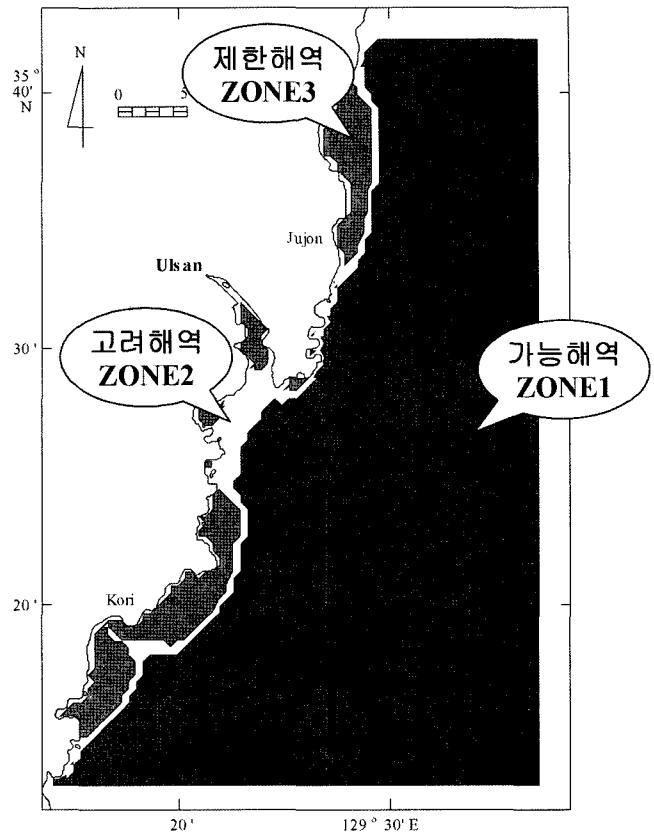


Fig. 13. Dispersants use zone of the sea off the coast of Ulsan.

- ① 현장방제책임자 재량으로 살포할 수 있는 해역(ZONE 1)
- ② 주변상황을 고려한 후 살포할 수 있는 해역(ZONE 2)
- ③ 유처리제를 가능한 억제해야 할 해역 (ZONE 3)

수심과 민감자원 영향의 2가지 조건에 대한 결과로부터 최종 유처리제 사용해역의 구분은 두가지 조건 중 보다 심각한 조건에 따라 결정하였다. 본 연구에서 대상해역은 우리나라 주변해역을 동해, 태안, 부산, 여수, 인천, 군산, 목포, 속초, 울산, 제주, 통영, 포항 등의 12개 해역으로 구분하여 고려하였으며, 각 해역에 대해 상기 3종류의 해역구분을 각각 제시하였다.

본 연구에서는 해양유류오염사고 발생시 현장에서 사용될 수 있는 유처리제 사용의 기본 지침으로서 보다 객관적인 기준을 제시하기 위하여 일반적인 해역특성만을 고려한 사용해역 선정기준을 개발하여 제시하였다. 그러나 이러한 결과는 유처리제 사용 결정과정의 한 부분이며, 실제 해양유류오염사고 발생시 유처리제의 사용은 해역특성, 서식 생물의 종류, 사고 당시의 주변여건, 방제전략 등 많은 요소를 고려하여 결정되어야 하므로 보다 구체적이고 상세한 사용지침의 개발을 위해서는 보다 체계적이고 종합적인 검토가 이루어져야 한다. 또한 본 연구에서 제시된 유처리제 사용여부 판단조건인 수심과 민감자원 영향의 2가지 조건 역시 여러 조건 중 일부이며, 보다 타당성있는 결과의 도출을 위해서는 보다 복합적인 조건이 개발되어야 한다.

사 사

본 연구는 해양경찰청의 “지역방제실행계획수립 연구” 중의 일부이다.

참고문헌

- [1] 해양경찰청, 2000, 여수지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [2] 해양경찰청, 2000, 인천지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [3] 해양경찰청, 2001, 군산지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [4] 해양경찰청, 2001, 목포지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [5] 해양경찰청, 2001, 부산지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [6] 해양경찰청, 2001, 울산지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [7] 해양경찰청, 2001, 태안지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [8] 해양경찰청, 2001, 통영지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [9] 해양경찰청, 2002, 동해지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [10] 해양경찰청, 2002, 속초지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [11] 해양경찰청, 2002, 제주지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [12] 해양경찰청, 2002, 포항지역방제실행계획, 한국해양연구원.
- [13] IMO/UNEP, 1995. Guidelines on Oil Spill dispersant Application(including Environmental Considerations), 55pp.
- [14] IPIECA, 2000. Dispersants and their role in oil spill response, 24pp.

2005년 10월 13일 원고접수

2006년 2월 3일 수정본 채택