

論文

# 허베이 스피리트호 유류 유출 탐지 연구

양찬수\*

\*한국해양연구원 해양위성연구단

## OIL SPILL DETECTION AND MONITORING BY HEBEI SPIRIT DISASTER USING SATELLITE DATA

Chan-Su Yang\*

\*Ocean Satellite Research Group, Korea Ocean Research & Development Institute, Ansan, 426-744, Korea

**요 약 :** 허베이스피리트호 원유유출 사고는 2007년 12월7일 아침 7시6분경 서해안 만리포 북서쪽 10km 해상에서 크레인을 적재한 1만1800t급 바지선이 정박 중인 홍콩 선적 유조선 허베이 스피리트호(14만6000t급)와 부딪치면서 발생했다. 이와 같은 기름 유출 사고의 경우, 유출 범위를 정확하게 이해하는 것이 중요하다. 여기서는 위 사고 기간에 얻어진 인공위성 자료를 이용하여 기름 유출을 탐지하기 위한 연구결과를 소개한다. 광학파 마이크로파영상에 대해 유출 범위의 계산 및 해석 알고리즘에 대한 현재까지의 결과를 소개한다. 광학영상으로는 아리랑 2호 (다목적실용위성 2호, KOMPSAT II) MSC(Multi Spectral Camera)자료가 사용되었으며, 합성개구레이더로는 ENVISAT ASAR, TerraSAR-X 및 ALOS PALSAR의 자료가 사용되었다.

**핵심용어 :** HEBEI SPIRIT(허베이 스피리트호), Oil Spill(기름 유출), Oil Pollution(기름오염), Satellite Data(위성자료)

### 1. 서 론

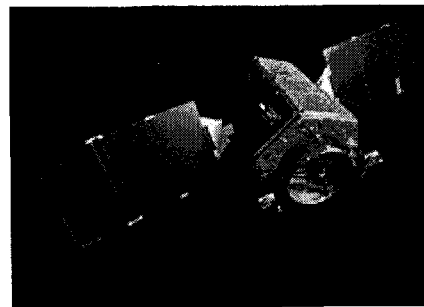
허베이스피리트호 원유유출 사고는 2007년 12월7일 아침 7시6분경 서해안 만리포 북서쪽 10km 해상에서 크레인을 적재한 1만1800t급 바지선이 정박 중인 홍콩 선적 유조선 허베이 스피리트호(14만6000t급)와 부딪치면서 발생했다. 원유 유출량은 1만2547kl로, 이는 지난 10년 동안 우리나라에서 일어난 모든 선박 유류사고의 유출량을 합친 것보다 많은 것으로 나타났다.

기름 유출 사고의 경우, 유출 범위를 정확하게 이해하는 것이 중요하다. 이는 사고대응에 있어 가장 중요한 자료로, 해안 혹은 연안에 대한 피해를 최소화하기 위한 방법을 찾는 데 사용된다. 일반적으로 해양사고의 경우, 허베이 스피리트호 원유 유출 사고처럼 악천후에 발생하기 때문에, 항공기 혹은 선박을 이용한 현황을 파악하기는 어렵다. 또한 기름 유출의 경우, 해상에서 수거하는 것이 비용효율적인 방법이기 때문에 유류 유출의 범위를 정확하게 조사하는 것이 중요하다.

따라서 국제적으로 기름 유출 시에는, 인공위성을 이용하여 광역 정보를 획득하여 대응하는 것이 일반적이다. 또한, 이용할 수 있는 인공위성의 수가 상당히 늘어났다. 국내에서도 아리랑 2호가 있으며, 곧 SAR를 탑재한 아리랑 5호도 이용가능할 것으로 기대된다.

Fig.1에서와 같이, 아리랑 2호(다목적실용위성 2호,

KOMPSAT II) MSC(Multi Spectral Camera)에는 해상도가 흑백 1m, 컬러 4m 디지털 카메라가 장착돼 있다.

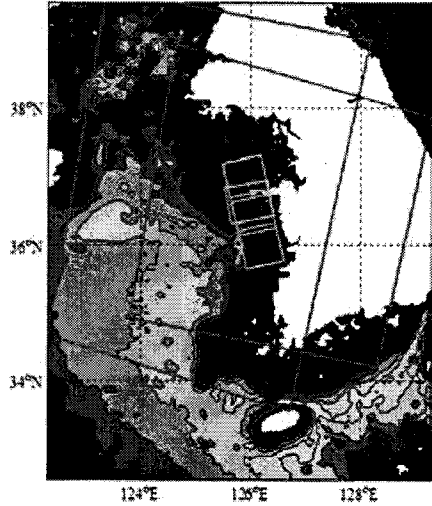


Imaging mode	Panchromatic	Multispectral
Spatial Resolution	1m	4m
Swath Width	15km	15km
Duty Cycle		>20% per Orbit
Off-Nadir Imaging		Up to 45 degree
Orbit Altitude	683km, Sun-synchronous orbit	
Operation Life	Minimum 5 years (Design Life 8 years)	
Revisit Time	Less than 3 days	
Data Transmission	320Mbps	
Data Storage	90 Gbits	
Dynamic Range	10 bits per pixel	

Figure 1 KOMPSAT-2 (Korea Multi-Purpose Satellite-2) Specifications

\*대표저자 : 정희원, yangcs@kordi.re.kr, 031)400-7678

아래 Fig.2는 사고지점 및 사고 후 촬영영상의 영역 및 영상 목록을 나타내고 있다. 실질적인 해석에는 많은 시간이 소요될 것으로 생각되나, 해석기법의 방향 수립을 위해서 이용 가능한 전체 데이터를 수집하였고, 광학적 특성의 해석을 수행하고, C 밴드와 L밴드 마이크로파 영상의 특성을 조사하였다.



	center	TL	BR	Date			
K2	3689	12605	36926	12594	36811	12616	200712030408
K2	3689	12605	36924	12595	36813	12616	200712300034
K2	3576	12653	35819	12641	35712	12656	200712301326
K2	3651	12629	36562	12617	36467	12641	200712301326
K2	3688	12649	36952	12637	36845	12661	200712301326
ASARS	3693	12729	36965	12336	36563	12671	200712401450
ASARS	3692	12421	36938	12465	34206	1283	200712101410
PALSAR	3693	1262	36723	12577	36707	12661	200712113451
PALSAR	36484	12605	36706	12565	36261	12648	200712113457
PALSAR	36978	12591	37197	12548	36253	12634	200712113457
PALSAR	3668	12598	3684	12554	36484	12648	200712114022

Figure 2 Satellite Data Acquisitions after the HEBEI SPIRIT Disaster.

## 2. 인공위성 데이터 및 연구방법

### 2.1 스펙트로미터에 의한 해수 광 측정

Fig. 3에 묘사된 것과 같이 ASD사의 듀얼 스펙트로미터를 사용하여 유류피해가 발생한 해변과 피해가 없는 해변에서의  $E_d(0^+)$  (downwelling irradiance above surface),  $L_{sky}$  (sky radiance),  $L_{wT}$  (total radiance above surface),  $tL_{oi}$  (total radiance of oil above surface)를 측정하였다.

$L_w$ (water leaving radiance)란 해수표면에 형성된 물과 대기의 경계면을 통과하여 나오는 해수 수피로부터 반사된 광량이라고 하며, 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$L_w(\lambda) = L_{wT}(\lambda) - \{L_{sky}(\lambda) \times F_r(\lambda, \theta)\}$$



Fig. 3. ASD사의 듀얼 스펙트로미터를 이용하여 선상에서  $E_d(0^+)$ ,  $L_{wT}$ 를 측정하는 모습

여기서,  $F_r(\lambda, \theta)$ 는 Fresnel reflectance 값으로써, 파장( $\lambda$ )과 입사각( $\theta$ )의 함수이지만 본 연구에서는 파장에 관계없이 입사각이 30°일 때의 값 0.025로 일정하다고 가정하였다.

따라서,  $L_{oi}$ (radiance of oil above surface)는 해수표면 바로 위에 떠 있는 기름으로부터 반사된 광량이라고 정의하였으며, 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$L_{oi}(\lambda) = tL_{oil}(\lambda) - \{L_{sky}(\lambda) \times F_r(\lambda, \theta)\}$$

여기서,  $L_{sky}$ 와  $F_r(\lambda, \theta)$  항은 해수표면에 형성된 대기의 영향을 제거해주기 위하여 사용되었다.

원격반사도( $R_{rs}$ )는 다음과 같은 식에 의해 계산하였다.

$$R_{rs}(0^+, \lambda) = \frac{L_w(\lambda)}{E_d(0^+, \lambda)} [sr^{-1}]$$

### 3. 스펙트로미터에 의한 해수 및 기름의 분광 특성 비교

Fig. 4는 태안 유류 피해 현장 해변에서 스펙트로미터를 이용하여 측정한 해수표면 위의 기름에 대한 분광 특성을 파장 570nm에서 규격화하여 나타낸 그림들이다. 그림에서 보면 해수표면에 분포한 기름의 양에 따라 스펙트로미터로 측정된 분광 특성이 다르게 나타나고 있다. Fig. 4의 A는 해수표면에 떠 있는 기름의 양이 B에 비해 적기 때문에 분광 특성에서도 장파장의 신호 값이 낮아지고 있지만, Fig. 4의 B는 A에 비해 해수표면에 떠 있는 기름의 양이 상당히 많기 때문에 장파장의 신호 값이 높게 나타나고 있었다.

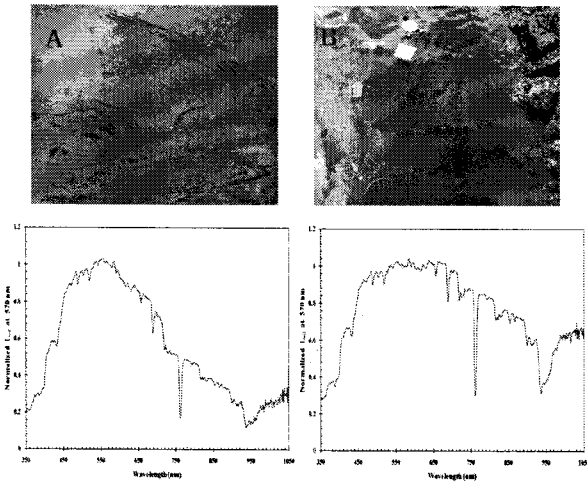


Fig. 4. 스펙트로미터를 이용하여 해수표면 위에 떠 있는 기름에 대한 분광 특성 분석 결과

Fig. 5는 유류 피해가 없는 해변에서 동일한 장비로 측정된 순수한 해수표면의 분광 특성을 파장 570nm에서 규격화하여 Fig. 4의 결과들과 비교한 그림들이다. 그림에서 보면 유류 피해에서의 분광 특성과 피해가 없는 순수한 해수 표면에서의 분광 특성이 전혀 다르게 나타나고 있다. 이것은 동일한 해변에서 측정하지 않아서 발생한 현상이라고 생각된다. 그러나 유류피해가 없는 순수한 해변에서의 분광 특성은 부유물질들의 광 산란 영향으로 분광 특성이 570nm 부근을 중심으로 높은 신호 값을 갖는 분광 형태를 갖는 것이 일반적인 특성이다. 따라서 이러한 기본 개념을 가지고 Fig 5는 다음과 같이 추론해 볼 수 있다. 유류피해가 전혀 없는 해변에서 측정된 단파장대에서의 신호 값이 유류피해가 발생한 해변에서 측정된 단파장대에서의 신호 값보다 낮게 나타나고 있으며, 장파장대에서도 유사한 특성을 나타내고 있었다.

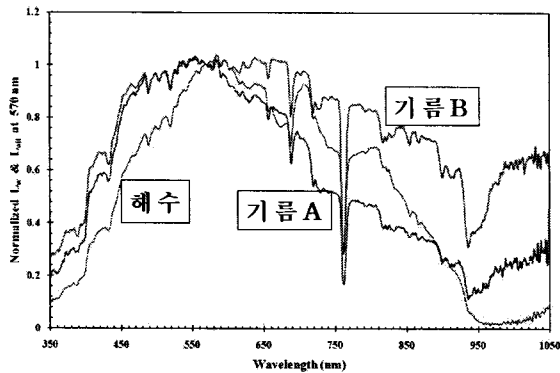
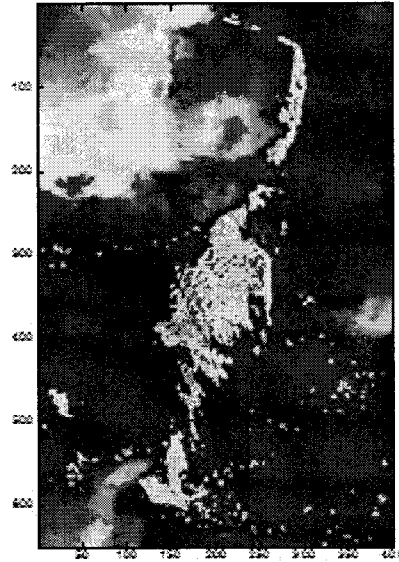


Fig. 5. 스펙트로미터를 이용하여 해수표면 위에 떠 있는 기름(Fig. 4의 A와 B)과 순수한 해수표면에서의 분광 특성 분석 결과 비교(적색:해수, 청색:Fig. 4의 기름A, 녹색:Fig. 4의 기름B)

#### 4. 위성 데이터에 의한 기름영역

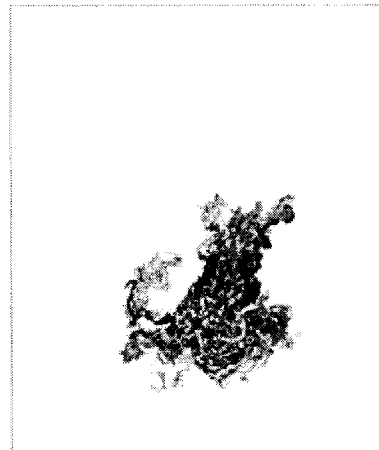
##### 1) 아리랑 2호(12월 8일)

사고 초기인 12월 8일에 얻어진 아리랑 2호 영상에 대한 해석을 실시하였다. 이로부터 얻어진 R, G, B, N 네 가지 밴드 데이터 값을 이용하여, oil의 특성을 분석 및 오염 지역을 식별 하고자 하였다.



##### 1) ENVISAT ASAR (12월 11일)

추출결과는 다음과 같다.



추가로, SAR에 의한 결과도 소개될 예정이다.

#### 후 기

본 연구는 한국해양연구원 기본연구사업 "하구역의 관리 및 기능회복 기술 개발" 및 "해양분야 위성활용 연구" 의 일환으로 수행되었다.