

## 한반도 해양환경에 따른 적외선 신호 민감도 해석연구

조용진\*, 유재문<sup>†\*\*</sup>

한국해양연구원 해양시스템안전연구소\*  
충남대학교 선박해양공학과\*\*

A Study on the Sensitivity of IR Signature of a Ship  
according to the Meteorological Environment of Korean Seas

Yongjin Cho\* and Jae-Moon Lew<sup>†\*\*</sup>

Korea Research Institute of Ships & Ocean Engineering, KORDI\*  
Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, CNU\*\*

### Abstract

Until now, the stealth design to reduce the infrared signature of ship haven't been carried out using the proper design criteria. The study on the maritime meteorological environment in the Korean seas hasn't been accomplished yet, so the design criteria of the maritime meteorological environment was just given by the engineering sense without experience of the Navy and/or of the shipyard. Even in rather good conditions(summer condition), the estimated IR signature of a ship showed larger values and couldn't predict the worst condition during the operation of a ship at sea.

In this study, domestic maritime meteorological data were collected and variables affecting the IR signature of a ship had been derived through the sensitivity study of IR signature according to the maritime meteorological environment in Korean seas. The basic study on the criteria of the stealth design of IR signature has been carried out.

※Keywords: Stealth design(스텔스 설계), Infrared signature(적외선신호), Sensitivity(민감도), Korean waters(한반도해양), Maritime meteorological environment(해양기상환경), Design criteria(설계기준)

### 1. 서 론

최근 함정개발에 생존성 향상기술인 스텔스 기술은 함정설계 공학자들에게는 당연한 문제이며 기술적용을 당연시 여기고 있다. 특히 적외선 신호(IR signature)의 향상은 적외선 탐지기의 발전

접수일: 2005년 6월 27일, 승인일: 2005년 8월 19일

† 주저자, E-mail: jmlew@cnu.ac.kr

Tel: 042-821-6628

과 저령화로 인해 중요한 문제로 떠오르고 있다. 종래 함정적외선 신호연구는 외국의 기술에 의존해 왔었으나, 2000년대에 들어서 조금씩 국내 기술도입과 개발로 외국기술의 습득에 참여함으로써 점진적으로 적외선 연구 환경의 구축에 노력해왔다(조용진 2004, Heerema 1992).

함정의 적외선 신호는 함정이 운용하는 해양환경에 매우 민감하여 환경변화에 신호의 변화가 매우 크므로 적외선 연구를 위해서는 환경 기준(criteria)의 설정이 선행되어야한다. 그러나 환경 기준 마련을 위한 해양환경에 대한 연구는 국내에서 연구되지 못함에 따라 외국 기술옹역사의 연구 결과에 대한 올바른 정의와 기준을 주지 못하고, 함정의 생존성 향상노력에 실패를 거두지 못하는 결과를 가져왔다.

해양환경변화에 대한 적외선 신호 특성연구는 적외선 신호 방사에 영향을 미치는 환경변수를 찾고, 각 변수의 적외선 신호에 영향을 미치는 민감도를 추정하고 사정함으로써 환경변화에 따른 함정의 적외선 방사특성을 예측할 수가 있게 한다.

이와 같이 함정 운용해역의 해양 기상환경이 적외선 신호에 민감한 변화를 나타내므로, 본 논문에서는 한반도 주변 해양 환경자료를 수집하고 적외선신호에 민감도를 분석하여 함정개발에 필요한 적절한 해양환경 모델을 제시함으로써 환경기준으로 활용가능토록 하였다(조용진과 유재문 2005).

2. 적외선 신호 영향변수(Parameters)

함정의 IR방사신호는 수동적인(passive) 전자기 신호로 신호의 탐지는 주로 광학계열의 적외선 센서에 의하여 영상신호로 변환하여 모니터로 전송되어 영상분석을 하게 됨에 따라 함정자체의 방사신호 뿐만 아니라 주변환경(background)과의 적외선 대비신호로 인식하여 해석 및 분석을 수행한다. 따라서 함정의 방사신호의 탐지는 다음과 같이 배경신호 대비 목표(함정)의 신호차(contrast radiance)로 표현이 된다(Hudson 1969, Kuno 1994, US Navy Academy 1999).

Fig. 1은 과거의 함정적외선 연구에서 나타난 환경변화에 따른 탐지거리의 변화를 나타낸 것으

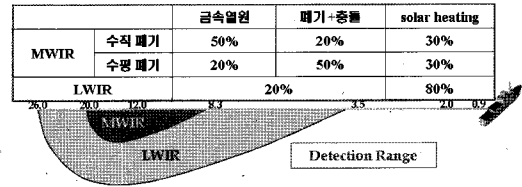


Fig. 1 The change of detection range by ocean environment

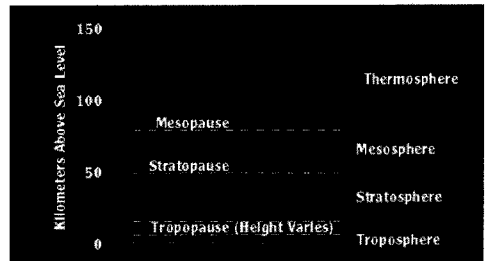


Fig. 2 Structure of atmosphere

로 중적외선(MWIR)의 영역보다 원적외선(LWIR)의 탐지거리의 변화폭이 훨씬 큼을 알 수 있다.

본 연구에 활용한 프로그램(Shiplr/NTCS)에서는 LOWTRAN/MODTRAN이라는 하위프로그램을 사용한다. 미 공군의 주도로 개발된 수치모델은 물리적이고 behavioral 모델로서, 낮은 광학해상도에서 대기 channel의 효과를 예측하기위해 제공된다. 프로그램은 간단하고 유동적인 band model로서 디자인되어 있다(Kneizys et al. 1988).

대기를 통한 radiation의 영향은 첫째 구성하고 있는 가스에 의해 야기된다. 그리고 두 번째로는 떠다니거나 낙하하는 미립자들에 의해 야기된다. 이러한 구성요소는 각각에 대해 흡수와 분산을 일으킨다. 대기는 Fig. 2와 같이 4개의 고도 지역으로 나뉜다.

Fig. 3은 수치계산에 사용된 계산 영역을 나타낸다. 프로그램에 도입된 LOWTRAN에서 중요한 점의 하나는 다중분산(multiple scattering) 계산이다. 이것은 소스의 모델과 다른 대기층을 통한 radiation의 주어진 경로 시작으로 이루어진다. 그리고 분리된 표면으로부터의 전도(transmission), 흡수, 반사의 영향을 결합하여 이루어진다. 해양의 배경(background)을 정의할 때 입력변수는

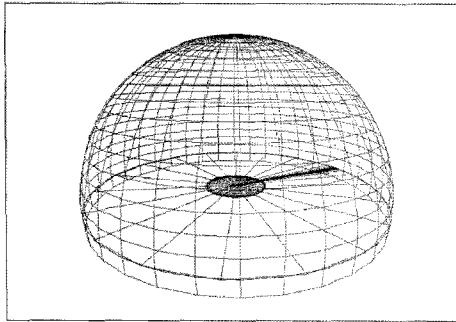


Fig. 3 The wireframe of the background geometry of NTCS

Table 1 Input parameter of background

구분	입력변수	환경변수
Geography	- Longitudinal, Latitude - Month, Day, Year - Time(Greenwich Mean Time)	
Atmosphere	- Background model, season, boundary layer, stratosphere, meteorological range, solar flux, air mass character - Cloud model, statistics, altitude, extinction, rain rate - Wind direction, current speed, 24 hour average - Cloud model cloud ceiling, cloud thickness, inversion height - Temperature sea temp, ambient temp, relative humidity, blackbody sky temp, blackbody sea temp, thermal cloud coverage	① season ② cloud ③ wind direction ④ wind speed ⑤ sea temp ⑥ sky temp ⑦ relative humidity
Observer Parameter	- No. of point no. of zenith points, no. of azimuth points, no. of observer altitude, no. of IR band - Model sky type, sea type, sun type - Type scattering, scatter type, glint type	

LOWTRAN-7의 입력변수로 Table 1과 같이 정의된다.

이상의 검토 결과 신호의 영향요소로 주요 7가지 변수는 ① season, ② cloud, ③ wind direction, ④ wind speed, ⑤ sea temp, ⑥ sky temp와 ⑦ relative humidity 이다. 그 외의 다른 입력변수는 지금까지의 기술용역과 적외선 연구경험으로 신호에 영향을 미치지 않을 것으로 판단되어 잡음으로 처리하였다.

### 3. 한반도 주변 해양환경 모델

#### 3.1 환경자료 수집

현재까지 함정 적외선연구에 사용된 한반도 주변의 해양환경과 해양기상환경 자료는 기존의 미해군의 자료로서 위경도 1도 간격으로 수집된 자료로 1950년대와 60년대에 걸쳐 수집된 자료에 의존하였다. 미 해군의 NMCAW(U.S. Navy Marine Climate Atlas of the World)이 함정운용환경의 백그라운드 대기/해양의 조건에 대한 입력변수를 도출하기 위해 사용되었다. 신호 분석의 경우, 평균 조건이 최악의 경우와 최선의 경우의 시나리오를 결정하기 위해 사용되도록 하기 위해 지역적인 기후 데이터베이스를 얻어 내었다.

이러한 자료중의 일부로 Fig. 4는 미해군 자료를 스크린을 캡처한 그림이다. 각각의 표본된 지역에 대해 날씨평균 표준변화와 풍속 등을 볼 수 있다.

국내 체계적인 해양의 기상환경 자료는 없었으며, 주로 해양연구기관에서 단편적으로 해양조사가 이루어졌다. 해양기상과 해상환경에 대한 국내 자료를 보유하고 있는 기관은 기상청, 국립수산물학원, 해양조사원, 한국해양연구원 등이 자료를 일부 보유하고 있다. 본 연구에 맞게 자료를 제공하는 곳은 국가해양관측망 계획에 따라 이어도 해양기지로부터 자료를 제공하는 해양연구원의 자료가 가장 적합하였다.

함정의 적외선신호에 영향을 미치는 해상기상환경의 신뢰성 있는 모델의 개발은 전체 한반도 영

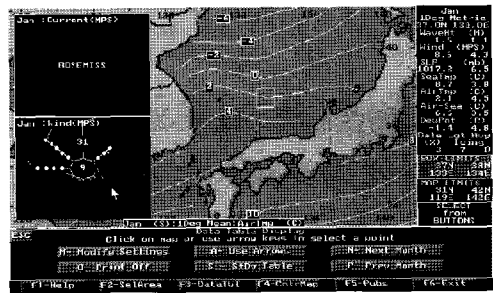


Fig. 4 Sample of data from climate database

역에 대한 탐색이 필요하다. 그러나 현재 이러한 자료는 없으므로 미 해군자료를 활용하기 위한 검증자료로 이어도 기지 자료를 활용하였다. 다음의 Fig. 5에 탐색범위와 비교 검증지역(이어도)을 표시하였다.

각 자료의 취득기간과 위치의 차이를 고려하여 월별 자료로 정리하여 비교하였다. 가장 오차가 심한 풍향풍속을 풍배도(wind-rose)로 도표화하여 정성적으로 비교한 결과, 겨울과 여름에 우리나라 계절특성을 잘 표현하고 있었으며 풍향풍속의 자료수집이 기지와 선박의 차이를 고려하면 우리나라의 날씨를 잘 표현하고 있는 것을 보여준다(Fig. 6).

이 같은 비교결과는 미 해군의 기상환경자료의 신뢰성이 있음을 나타낸 결과로서 국내연근해(EEZ)자료로 활용하여 환경모형을 개발하여도 문제가 없을 것으로 판단하였다.

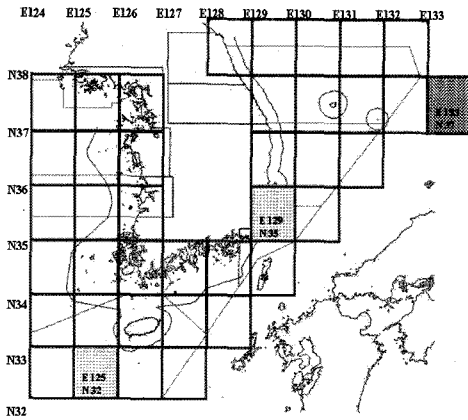


Fig. 5 Environmental Area in Korean waters

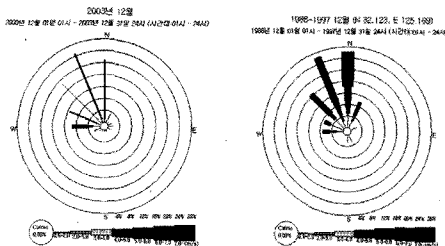


Fig. 6 Comparison between US Navy data and KORDI data (December)

이러한 해양환경은 주간과 야간 모두 포함하며, 주간의 경우 태양 각도가 일반적으로 최고의 선체 표면신호를 나타내기 때문에 30도의 태양 고도로 고정된다. 주간의 경우 일반적으로 선박우측에 태양광선이 도달하는 방위각으로 처리된다. 야간에 운행하는 동안 선박은 특정한 풍향으로 일관적인 대류 경계조건을 고려하여 방위각을 결정한다.

3.2 해양환경 모델

한반도 연근해역을 표현하는 모델개발을 위해서는 전영역의 탐색이 필요하나, 현실적으로 한반도 주변 전해역의 환경을 포함하는 모델의 개발은 시간적, 공간적인 범위와 각 환경변수 별로의 변수 범위를 모두 포함하기는 어려우며 환경변수들 간의 복잡한 종속적인 관계를 갖고 있음으로 변수별로 평가하기란 더욱이 불가능한 문제이다.

따라서 각 변수들의 종속적인 관계를 무시하고, 시간적 특성을 매년의 주기적인 특성으로 단순화하고, 각 변수들의 관계를 독립적으로 가정하여 환경모형을 개발하였다.

단순화하여 재구성된 한반도 해역의 해양기상환경 변수모형은 함정의 적외선 방사신호의 특성분석을 위하여 다음의 표와 같이 변수별로 구분 정리된다(홍중선 2000).

Table 2 Parameter characteristics of ocean meteorological environments

기상환경변수	특성	모델
시간변수	- 주기적인 함수로 1년 주기 - 태양의 고각을 30°에 기준	- 단일모델 (변수 미포함)
공간변수	- 위경도 1° 간격의 구역설정	- 이어도 지역(변수 미포함)
season	- 최악의 조건을 고려	- 겨울과 여름으로 구분
cloud	- 구름의 두께	- 0%, 50%, 100%
wind direction	- 전방, 측면으로 분할	- 0°, 45°, 90°
wind speed	- 0부터 최대속력	- 0m/s, 5.6m/s, 14.5m/s
sea temp	- 년중 한반도해역 수온변화	- -5°C, 13°C, 28°C
sky temp	- 해역의 기온변화 범위	- 1°C, 15°C, 28°C
relative humidity	- 해역의 년중 습도의 범위	- 39%, 77%, 100%

#### 4. 예측평가 3D 모델

적외선 방사신호의 평가모델은 단순모델과 함정 모델로 구분하여 신호의 평가모델을 내부열원이 있는 경우와 없는 경우로 구분하여 모델을 작성하였다.

단순모델로 다음과 같이 한번의 길이가 2미터인 정육면체(cube)의 모델은 태양조사(Sun irradiance)영향을 면단위로 받음으로써 불규칙한 신호형상을 고려하였으며, 풍향에 따라 대류의 영향을 stagnation, tangential 및 separated 면으로 구분되어 전체신호에 영향을 미침으로서 면의 특성에 따른 신호변화를 예측할 수 있을 것으로 기대하였다.

그리고 아울러 단순 평가모델로 반지름 1미터인 구(sphere)를 작성하였는데 이는 전방위에서 동일한 형상을 보여줌으로써 태양조사의 영향을 많이 갖는 면을 갖게 되고, 풍향에 따른 대류열전달 현상을 동일하게 갖게 될 것으로 기대하여 전형적인 polar 신호 형상을 나타낼 것으로 기대하였다.

#### 5. 신호예측 및 분석

##### 5.1 직교배열표와 신호예측

해양환경모델에 따른 신호 방사특성을 평가하기 위하여 적외선 신호에 영향을 끼치는 환경변수의 도출, 도출 환경변수의 범위설정 및 범위의 적절한 탐색구간설정이 필요하다. 그러나 전 구간을 탐색하기 위해서는 많은 신호해석과 분석이 뒤따라야 하므로 매우 고된 작업이 된다. 예를 들어 본 연구에서 와 같이 7개의 입력변수를 조합하

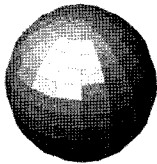


Fig. 7 3D surface model for the signature evaluation

면 총 1458회(=21×36)의 계산이 필요하여, 적어도 6개월 이상의 순수 계산시간을 필요로 하게 된다.

그렇지만 품질공학에서 사용되는 다구찌의 직교배열표를 사용할 경우 단 18회의 계산으로 가능하다. 초기 해양환경모델의 개발에 모델변수간의 종속성무시하고 독립변수로 취급하면서 가장 영향을 많이 미치는 항목의 선정하여 새로운 모델의 개발이 뒤따라 좀 더 정확한 해에 접근할 수 있게 된다(양상준 2004).

##### 5.2 신호예측 결과

신호해석은 당원연구소 보유의 ShipIR/NTCS를 활용하여 단순모형에 대한 적외선신호를 polar signature로 표현하였다. 정육면체의 방사신호 예는 다음의 그림과 같다.

그리고 직교배열표에 의한 배경환경에서의 정육면체와 구의 환경 변화별 신호크기는 중적외선과

Table 3 L18 table of orthogonal array

$L_{18}(2^{15})$  직교표

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2	2	2	2	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	3	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	1	2	1	3	2	3	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
3	2	3	2	1	3	1	2	1	3	2	1	3	1	2	3	2	1
3	3	1	3	2	1	2	1	2	1	3	2	1	2	3	1	2	3
2	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	1	2	1	1	3	3	2	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3
2	1	3	2	2	1	1	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2
2	2	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
2	2	2	3	1	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
2	2	3	1	2	3	2	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
2	3	1	3	2	3	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
2	3	2	1	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
2	3	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
3	1	2	3	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
3	2	1	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
3	2	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
3	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2	1	3	1	2	3	2
3	3	2	1	2	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2
3	3	3	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2

거리	풍속	풍향	온도	습도	압도	일조	일사
거리	0	0	0	1.0	-5.2	98.4	0
거리	50	5.6	45	14.9	13.4	77.3	0
거리	100	14.5	90	28.1	28.3	100	0
거리	50	0	0	14.9	13.4	100	0
거리	50	5.6	45	28.1	28.3	98.4	0
거리	50	14.5	90	1.0	-5.2	77.3	0
거리	100	0	45	1.0	-5.2	77.3	0
거리	100	5.6	90	14.9	13.4	100	0
거리	100	14.5	0	28.1	28.3	98.4	0
거리	0	0	90	28.1	13.4	77.3	0
거리	0	5.6	0	28.1	28.3	100	0
거리	0	14.5	45	14.9	-5.2	98.4	0
거리	50	0	45	28.1	-5.2	100	0
거리	50	5.6	90	1.0	13.4	98.4	0
거리	50	14.5	0	14.9	28.3	77.3	0
거리	100	0	90	13.4	28.3	98.4	0
거리	100	5.6	0	28.1	-5.2	77.3	0
거리	100	14.5	-45	13.4	-100	0	0

거리	풍속	풍향	온도	습도	압도	일조	일사
거리	0	0	0	1.0	-5.2	98.4	0
거리	50	5.6	45	14.9	13.4	77.3	0
거리	100	14.5	90	28.1	28.3	100	0

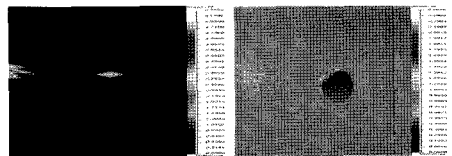


Fig. 8 Radiosity of cube and sphere

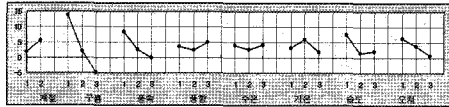
원적외선으로 분류하며 해석하였으며 유사한 결과를 보여주고 있다.

5.3 신호해석 결과의 분석

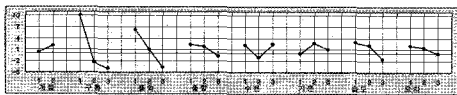
해양환경변수별 적외선 신호특성에 미치는 영향을 분석하기 위해선 우선 요인효과도를 분석하였다. 요인효과도의 분석은 각 해양기상환경모델의 변수별 적외선 신호에 영향을 미치는 경향을 그래프로 보여줌으로 해서 각각의 환경 변수가 적외선 신호에 미치는 영향을 검토해 볼 수 있다.

● 요인효과도 분석

평가모델이 정육면체인 경우 요인효과도 그래프는 다음과 같다 (중적외선과 원적외선신호의 해석방법을 모두 포함한 SN비 분석).



그리고 평가모델이 구인 경우 요인효과도 그래프는 다음과 같다 (중적외선과 원적외선신호의 해석방법을 모두 포함한 SN비 분석).



● 분산분석

정육면체에 대한 분산분석은 각각의 중적외선, 원적외선, 최대값 및 유의 값(Significant value)의 평균에 대하여 항목별 분석을 수행하였으나 지면상 전체분석표(상대특성 SN비)에 대해서만 Table 4에 나타냈다. 이 표로부터 구름과 풍속은 유의수준의 환경 특성변수임을 알 수 있다. 그러나 상대습도는 일정부분 기여도는 있지만 F-검정을 통한 유의 수준에는 포함되지 않는다.

구에 대한 분산분석도 마찬가지로 각각의 항목별 분석을 수행하였으며, 정육면체와 유사한 결과를 얻었다. 마찬가지로 분산분석을 통해 구름과 풍속은 유의수준의 환경 특성변수임을 알 수 있다. 그러나 상대습도는 일정부분 기여도는 있지만 F-검정을 통한 유의 수준에는 포함되지 않음이 확인 되었다.

Table 4 ANOVE of cube IR signature(Larger-the-better characteristics)

구분	구름	풍속	온도	습도	기온	강수량	일사량	구름	풍속	1/3AVE	최대	1/3AVE
1	1	1	1	1	1	1	1	28.388	12.288	11.22	156.96	142.075
2	1	2	2	2	2	2	2	10.421	2.780	2.975	46.368	31.421
3	1	3	3	3	3	3	3	5.375	1.432	1.242	7.539	6.865
4	2	1	1	2	2	3	3	1.463	1.386	1.311	27.282	25.288
5	2	2	2	3	3	1	1	7.178	1.689	1.561	21.172	19.943
6	2	3	3	1	1	2	2	-0.303	0.755	0.684	3.111	3.704
7	3	1	2	1	3	2	3	-14.765	0.163	0.128	2.461	1.336
8	3	2	3	2	1	3	1	-11.610	0.052	0.190	1.032	0.578
9	3	3	1	3	2	1	2	-8.225	0.261	0.246	5.371	5.125
10	1	1	3	3	2	2	1	23.778	11.581	10.465	116.576	105.657
11	2	2	1	1	3	3	2	18.787	2.537	2.369	22.029	20.480
12	1	3	2	2	1	1	3	8.924	2.088	1.639	35.351	32.063
13	2	1	2	3	1	3	2	2.020	0.957	0.884	32.847	30.083
14	2	2	3	1	2	1	3	3.685	1.146	1.061	21.083	19.529
15	2	3	1	2	3	2	1	-2.928	0.384	0.352	4.866	4.643
16	3	1	3	2	3	1	2	3.428	2.194	2.024	35.752	28.882
17	3	2	1	3	1	2	3	-4.109	0.457	0.421	14.152	13.083
18	3	3	2	1	2	3	1	0.751	0.787	0.754	8.287	7.382

구분	구름	풍속	온도	습도	기온	일사량	구름	풍속	1/3AVE	최대	1/3AVE
수준 10%	17.38	83.57	30.38	21.5	24.65	15.26	44.81	38.24			
수준 20%	43.21	12.28	14.62	16.83	35.32	3.63	23.37				
수준 30%	43.28	4.11	30.91	25.28	12.65	12.73	4.72				
(1)의 평균	23.16	1183.96	422.36	77.12	100.28	6.13	384.85	281.49			
(2)의 평균	270.78	25.13	14.38	16.82	46.45	20.52	13.78	31.42			
구름	142.46	0.30	182.01	106.94	26.33	23.02	3.72				
풍속	57.27	1064.27	220.36	21.13	1.94	47.31	126.72	95.61	253.60	-3.00	
온도	1	2	2	2	2	2	2	2	11	-1.61	
습도	57.27	582.48	110.48	10.56	3.82	23.65	64.38	47.81	38.66	-1.61	
기온											
일사량											
구름											
풍속											
온도											
습도											
기온											
일사량											

6. 결 언

해양환경의 변화를 검토하기 위하여 전영역의 탐색을 지양하고 단순화된 독립변수 모델을 개발하여 품질공학의 직교배열표를 활용하여 계산시간을 획기적으로 줄여 연구를 수행하였다. 그리고 단순한 모델과 평가함정모델을 개발하여 각각의 모델별로 적외선신호를 해석하였다. 해석결과의 극좌표 그래프의 분석을 검토하여 대표성을 갖는 적외선 신호 값을 찾는 방법을 검토하였다.

해양환경에 따른 함정 적외선 신호의 최악의 조건을 찾기 위한 환경변화의 특성연구결과 각 모델별 분산분석결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 구름 : cube와 sphere의 경우 30-40%의 기여율을 보이며 전체신호에 가장 유의성 있는 변수임.
- 2) 풍속 : Cube와 sphere의 경우 10-20%의 기여율을 보이고변수의 유의성이 확실하게 나타남.

3) 습도 : Cube와 sphere의 경우 10미만으로 유의성이 불확실하게 나타나나 폐기모델을 포함할 경우 유의성이 나타날 것으로 기대되며, 추가적인 검토가 필요함.

이상의 결과는 유의성 및 F-검정은 1%와 5%의 각각 위험율을 갖고 추정된 검증결과이며 기온과 수온의 영향은 2차 환경변수 평가를 통해 검토가 필요하다. 그리고 풍향/풍속은 종속관계의 변수로 풍속변수와 함정의 상대속도를 고려한 연구 항목으로 대류열전달 항목으로 추과과제로 검토예정이다.

후 기

이 논문은 한국과학재단의 우수연구센터 지원과 제(R11-2002-104-08003-0)와 “차세대 친환경 해양운송시스템 기반기술 개발(PE00950)” 과제의 연구비로 수행되었음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- 양상준, 2004, 품질공학(다구찌법), 한국해양연구원.
- 조용진, 2004, 해양환경 변화에 따른 적외선 신호 특성 예측 연구, 해군조함단.
- 조용진, 유재문, 2005, “한반도 해양환경과 적외선방사신호 특성,” 제22회 선박설계연구발표회, pp.42-1-11.

- 홍종선, 2000, 통계적 확률분포, 자유아카데미.
- Heerema, C.E., 1992, State-of-The-Art Report on Infrared Technology, ERIM.
- Hudson, R.D. 1969, Infrared System Engineering, John Wiley & Sons.
- Kneizys, F.X., Anderson G.P., Shettle E.P., Gallery W.O., Abreu L.W., Selby J.E.A., Chetwynd J.H. and Clough S.A., 1988, Users Guide to LOWTRAN 7, Air Force Geophysics Laboratory.
- Kuno H., 1994, Infrared Engineering, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers.
- US Naval Academy, 1999, Principal of Naval Weapon Systems, Text Book & Class Note(ES 310).



< 조 용 진 >

< 유 재 문 >