

# 선박용 유수분리기의 오일 모니터링 시스템 개발

권순하\* · 황정웅\* · 정병건\*

## Development of Oil Monitoring System for Oily Water Separator

Sun-ha Kwon\* · Jeong-woong Hwang\* · Byung-gun Jung\*

E-mail : bgjung@hanara.kmaritime.ac.kr

### ABSTRACT

Oil filtering equipment referred to in regulation 16 of MARPOL 73/78 shall be of a design approved by the Administration and shall be such as will ensure that any oily mixture discharged into the sea after passing through the systems has an oil content not exceeding 15 parts per million.

It shall be provided with alarm arrangements to indicate when this level cannot be maintained. The system shall also be provided with arrangements such as will ensure that any discharge of oily mixtures is automatically stopped when the oil content of the effluent exceeds 15 parts per million.

For protection of marine pollution, at the moment, all ships should have oil filtering equipment which is satisfying requirements of MAPOL 73/78.

In this study, to meet the requirements, Oil Monitoring System (OMS-2000) which has oil detecting module and monitor & control unit is developed.

The oil detecting module is divided into two parts, the one is data processing unit and the other is oil sensing module. The data processing unit use a microcontroller and the oil sensing module is consisted of a IR-LED light source, several Photo-diode light receivers, and a glass tube for oily water sample.

The monitor & control unit realizes automatic operation of the filtering equipment and results in saving seafarer's manpower. Experiment results show good performance and easy operation of OMS-2000.

## I. 서 론

MARPOL 73/78 국제협약에 의해 유분농도의 배출규제 제한치가 1985년부터 100ppm에서 15ppm으로 강화됨에 따라 원양항해에 종사하는 선박에는 유류여과장치와 유류배출 자동정지장치등의 설치가 의무화되었다[1].

현재 모든 선박에 설치된 유수분리기는 MARPOL 규정에 따라 시설되었으며 장착된 설비의 성능 및 작동상황을 5년 간격으로 해당 선급에서 검사하고 있다. 그러나 실제로 선박에 사용되고 있는 유수분리장치의 성능이 법규에 미달되거나 실용성이 부족하여 선원들이 유수분리장치의 사용을 기피하고 있으며 특히 무단으로 유분함유폐수를 해양에 방류하는 경우가 많아 해양오염의 큰 원인이 되고 있다.

한편 선박으로부터의 기름배출 감시제어장치는 대부분 외국으로부터 수입에 의존하고 있으며, 소량의 제품이 외국회사와 기술제휴하에 OEM방식으로 생산되어 일부 연안항해 선박에 장착되고 있는 실정이다[2].

이러한 점에 주목하여 본 연구에서는 기름배출 감시제어장치의 국산화에 필요한 기초연구로서 국내에서 생산되고 있는 전자부품 및 센서를 사용하여 기름배출 감시제어장치를 완성하고자 한다. 이를 위해 기름배출 감시제어장치를 크게 유분검출기와 감시제어부로 나누어 개발하도록 한다.

그리고 유분검출기는 유분감지모듈과 데이터처리부로 나누어 설치 보수정비가 용이하도록 하며, 감시제어부는 PLC를 사용하여 필요시 프로그램의 변경만으로 현장의 요구사항을 쉽게 반영할 수 있도록 한다. 또한 유수분리기 운전의 완전자동화를 실현하여 선박용 유수분리기 사용상의 어려움을 해결하며, 무엇보다도 선원들이 안전하고 실용적으로 사용할 수 있는 유수분리기용 기름배출 감시제어장치를 개발한다.

## II. 유분검출법

MARPOL 협약 부속서 I의 기름에 의한 오염 방지를 위한 규칙중 제16규칙에는 기름 배출감시 제

장치 및 기름 필터링 장치와 관련된 내용이 있으며, 이를 요약하면 다음과 같다.

· 총톤수 400톤 이상 10,000톤 미만의 모든 선박에는 기름 필터링 장치를 설치하여야 한다.

· 총톤수 10,000톤 이상의 선박에는 기름 필터링 장치를 설치하여야 하며 유출액중의 유분이 15ppm을 초과할 경우 유성혼합물의 배출을 자동으로 중단시키기 위한 장치 및 경보장치를 설치하여야 한다.

이러한 요구를 충족하기 위해서는 선외 빌지 배출수중의 유분을 검출해야만 하는데, 기준값이 명확하게 정의되어 있지 않고 간섭성분의 영향이 존재하는 등의 문제로 완벽한 유분농도 측정법이 확립되어 있지 않은 실정이다. 현재 수중의 유분 농도측정에 사용되고 있는 방법을 살펴보면 대략 다음과 같다[3].

#### 1) 유화·탁도 측정법

빌지 배출수를 초음파발생기나 믹서 등으로 유화시킨 후, 탁도 측정에 의해 유분을 구하는 방법이다. 이 경우에 유분과 탁도간에는 거의 직선관계가 나타난다. 그렇지만 기름의 종류에 따라 측정값이 달라지고, 배출수의 탁도, 배출수중의 활성제 등의 영향을 고려해야 하는 단점이 있다.

이러한 단점은 유화전·후의 탁도를 비교 측정하는 것으로써 그 영향을 줄여줄 수 있다. 측정대상은 중유, 경유, 등유, 기계유 등이며 측정 한계는 중유의 경우 0.05ppm 정도이다.

#### 2) 추출·적외선 흡수 측정법

이 측정방식은 기름의 종류에 따라 감도차이가 작은 특징이 있지만, 4염화탄소에 의한 추출에 시간이 필요하기 때문에 측정이 간헐적으로 이루어진다. 또한 4염화탄소 자체가 비싸고 유독성이기 때문에 회수장치가 필요하게 되는 단점도 있다. 측정범위는 대략 0~50ppm 이고 측정주기는 대개 30분 정도이다.

#### 3) 유화·자외선 흡수 측정법

이 방법은 2)항의 방법과는 달리 자외선의 흡수율을 측정하는 것이다. 적외선 흡수측정법과 비교하여 보면, 기름의 종류에 따른 감도차가 크고 간섭성분의 영향이 있지만, 추출제가 필요없기 때문에 연속측정이 가능하고 2차 공해를 발생하지 않는 장점이 있다. 측정범위는 0~30ppm 정도이다.

#### 4) 유화·산란광 측정법

시료를 믹서 등으로 유화한 후 자외선을 투과시켜, 여기서 발생하는 산란광의 강도를 측정하는 것에 의해 유분농도를 측정하는 방법이다. 이 방법은 연속측정이 가능하고 조사파장과 산란측정파장을 적당히 선택함에 따라 탁도의 영향을 거의 없앨 수 있기 때문에 추출제가 필요 없다는 장점이 있으나, 기름의 종류에 따라 감도차가 크게 나타나는 단점이 있다. 측정범위는 대략 0~50ppm 정도이고 측정대상은 중

유, 경유, 윤활유와 일부 식물유 등이다.

본 연구에서는 위의 측정법중 1)항과 관련된 탁도 측정법과 4)항과 관련된 산란광 측정법을 적용하여, 국내에서 구하기 힘든 고주파 초음파 발생기에 의한 시료의 유화단계를 없앤, 적외선에 의한 투과·산란광 검출 방식의 기름배출감시 제어장치를 설계 제작토록 한다.

### III. 기름배출 감시제어장치 설계

근래에 들어 많은 기업들이 공장 자동화에 심혈을 기울이고 있다[4]. 이러한 공장 자동화 추세는 선박에서도 예외가 아니어서 기관구역에서의 자동화 정도는 일반인의 상상을 넘어서고 있다. 본 연구에서는 선박에 쓰이는 유수분리기를 자동화하기 위해 기름배출 감시제어장치를 크게 유분검출부와 감시제어부로 나누어 설계한다.

#### 3.1 유분검출부

유분검출부는 크게 두 부분으로 구성되는데, 유수분리기에서 처리된 배출수중의 유분농도를 검출하기 위한 유분감지모듈과 여기서 얻어지는 데이터를 처리하기 위한 데이터 처리부이다.

##### 3.1.1 유분감지모듈

선박에서 배출되는 빌지속의 유분농도를 측정하기 위한 장치를 개발한다. 유분 측정법으로는 여러 방식이 있으나 본 연구에서는 구조가 간단하며 연속측정에 알맞은 탁도·산란광법을 이용한다.

Fig. 3.1의 유분 검출의 원리도에 나타나 있듯이, 발광부에서 나온 적외선이 유수분리기에서 처리된 배출수가 통과하고 있는 유리관을 통해 맞은편에 설치된 수광부에 투과광과 산란광으로 검출될 때, 유리관 내의 투과물질에 따라 그 흡수산란의 정도가 다르게 나타나므로, 여러 개의 수광소자를 원형각도로 유리관 주위에 배치하여 빌지내에 혼입된 유분, 고형분, 혼탁정도에 따라 각기 다른 투과산란특성을 미리 데이터베이스화하여 연속적으로 구분하도록 한다.

빛의 사양으로는 IMO(국제해사기구)해양오염방지위원회 MEPC. 60 (33) 결의안 「선박의 기관구역 빌지를 위한 오염방지 장치에 관한 지침 및 사양」에 따른다[5].

발광부에 적외 발광다이오드 EL1L1과 EL1L2를, 수광부에 포토다이오드 SP1KL을 사용하여 제작한 유분 감지모듈을 Fig. 3.2에 보인다. 사용된 광소자는 현재 국내에서 생산되고 있는 광소자 중에서 가장 지향각이 적으면서 출력이 큰 소자중의 하나이다 [6][7][8].





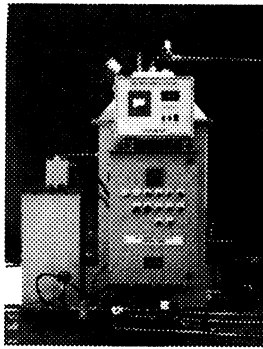


Fig. 4.2 Overall view of oily water separator

### 4.2 실험 및 고찰

3.1.1절의 유분감지모듈의 발지 배출수에 대한 광학특성실험 결과중 가장 일반적인 상황에 해당하는, 실제 운전상태로써 외광이 차단되고 유분이 혼합된 발지 배출수가 흐르는 경우, 5채널 수광부의 발지 배출수에 대한 투과광과 산란광 응답특성을 Fig. 4.3과 Fig. 4.4에 보인다[14].

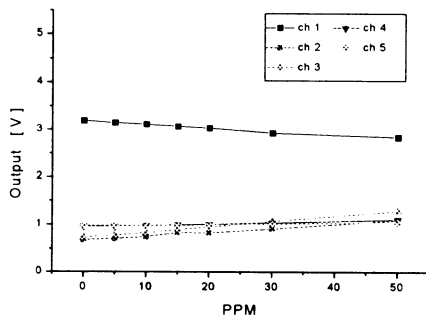


Fig. 4.3 Response of 5 channel photo detector. (No external light, Flow, EL1L1 IR-LED)

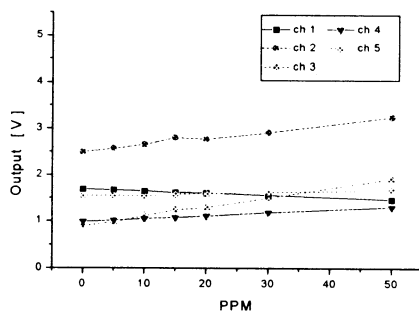


Fig. 4.4 Response of 5 channel photo detector. (No external light, Flow, EL1L2 IR-LED)

여기서 5채널은 유분감지모듈의 수광부에 5개의 포토다이오드가 설치되어 있음을 뜻하며, 발광부와 마주보는 투과광용 포토다이오드를 ch1로 하고 산란광에 대해서는 순서대로 ch2 ~ ch5까지 배치하였다. 발지 배출수는 표준 절삭유를 일반청수로 희석한 것을 사용하였다.

지향각도가 큰 EL1L2를 사용한 경우가 EL1L1을 사용한 경우보다 각 채널의 응답특성 분리도가 좋게 나타나고 있다[15]. 또한 유분농도가 진해짐에 따라 ch1에서 검출되는 투과광 출력 전압신호는 선형적으로 감소하고 ch2 ~ ch5에서 검출되는 산란광 출력 전압신호는 선형적으로 증가하는 모습을 보여주고 있다.

여기서 산란광 신호인 ch2~ch5의 4개 채널의 출력 전압값을 더하여 평균하게 되면 그 선형성은 더욱 강하게 나타나게 된다. 이러한 선형성은 4개 채널의 평균 출력전압 신호값을  $x$ 라 하고 유분농도를  $y$ 라고 하면  $y = ax - b$ 의 관계로 표현할 수 있다. 이 때  $a$ 는 기울기 조정용 파라미터,  $b$ 는 영점조정용 파라미터이다.

상용 유수분리기의 유분검출특성과 본 연구에서 설계 제작한 유수분리기의 유분검출기 비교를 위해, 현재 한국해양대학교 실습선 한나라호와 한바다호에 설치되어 운전되고 있는 유수분리기를 비교 대상으로 한다. 동 선박에 설치되어 있는 유분 검출기는 모두 일본제품이 사용되고 있으며, 아나로그 방식의 투과산란광법을 적용하고 있다[15].

표준시료 0, 2, 4, 6, 12, 16ppm에 대한 각 유분검출기의 응답을 Fig. 4.5에서 비교하고 있다.

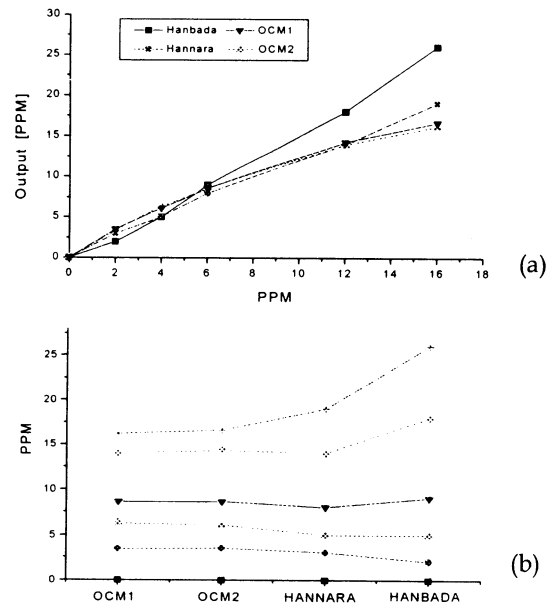


Fig. 4.5 Response of oil content meters.

Fig. 4.5(a)의 x축은 표준시료의 유분농도를 나타내고 y축은 유분검출기의 출력을 ppm 단위로 나타낸다. Fig. 4.5(b)는 동일농도의 표준시료에 대하여 각 유분검출기가 나타내는 상대적인 출력을 보여주고 있다.

여기서 OCM1과 OCM2는 각각 적외발광다이오드 EL1L1과 EL1L2를 사용하여 본 연구에서 제작한 유분검출기를 말한다.

그래프에서 보듯이 동 실험선의 유분 검출기와 OCM1, OCM2의 출력 ppm은 약간의 차이를 보이고 있으나, 국제협약의 지침과 사양에서 권고한 표준시료 15ppm에 대한 오차범위 5ppm 이내에 들어감을 알 수 있다. 발광소자의 지향각 변화에 대해서 ppm 출력의 차이는 거의 나타나지 않음을 알 수 있다.

또한 운전중 발지배출수의 유분농도가 15ppm을 넘어서면 각 유분검출기 공회 즉시 경보를 울리고 발지배출수의 선외밸브를 차단함과 동시에 선내 재순환밸브를 열수 있도록 솔레노이드 밸브 구동용 ON-OFF 출력신호를 보내었다.

## V. 결 론

본 연구에서는 선박용 유수분리기의 오일 모니터링 시스템을 유분검출부와 감시제어부로 나누어 설계하였다. 유분검출부는 데이터 처리부와 유분감지모듈로 나누어 제작하였고 감시제어부는 PLC를 이용하여 구현하였다. 개발과정에서 다음과 같은 구체적인 사항을 확인하였다.

1) 유분감지모듈을 개발함으로써 유수분리기에서 처리된 배출수중의 유분함유량을 파악할 수 있게 되었으며, 이를 통해 외국제품에 대응한 국산제품의 출사가 가능하게 되었다.

2)  $\mu$ -프로세서를 사용한 데이터 처리장치의 실현으로 LAN과 같은 데이터 통신망을 통해 기관제어실을 포함한 선박전체에서의 유수분리와 관련된 정보 공유가 가능하며 필요에 따라 성능을 쉽게 보완할 수 있게 되었다.

3) PLC를 이용한 감시제어부를 통해 유수분리기 운전의 완전자동화를 실현하고, MARPOL 협약의 요구조건을 만족하는 적절한 운전제어가 가능하였다.

4) 오일 모니터링 시스템의 개발에 필요한 모든 부품을 현재 국내에서 생산되고 있거나 쉽게 구할 수 있는 것으로 하였으며 이로부터 저렴한 가격대의 관련 제품 생산토대가 구축되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한국선급 역, 73/78년 海洋汚染防止協約, 海印出版社, pp.199~203, 1996
- [2] <http://www.pentatech.co.kr>, Pentatech Co., Ltd..
- [3] 荒木 峻, 高橋 昭, 水質汚濁の自動分析, 化學同人, 1976
- [4] 황경현, 송준엽, Mechatronics 기술동향 및 발전 대책, 전기학회지 Vol.48, No.5, pp.4~9, 1999
- [5] IMO, Annex 10 of Resolution MEPC.60(33), pp.3~25, 1992
- [6] <http://www.Kodenshi.com>, Kodenshi Korea Co., Ltd,
- [7] 全在昇, 센서 인터페이싱 No.4, 機電研究社, pp.41~43, 1992
- [8] 松島正次, センサ活用事例集, 情報調査會, 1996
- [9] T.E.Jenkins, Optical Sensing Techniques and Signal Processing, Prentice-hall, pp.114~123, 1987
- [10] W.J.Tompkins et al, Interfacing Sensors to the IBM PC, Prentice-Hall, pp.225~249, 1998
- [11] 차영배, Micro Controller 80196, 다다미디어, 1998
- [12] LG산전 기술자료, 프로그래밍 Master-K 시리즈, LG산전(주), pp.55~193, 1996
- [13] 지일구, PLC 제어기술, 성안당, pp.85~100, 1999
- [14] 최상화, 유수분리기용 유분검출기의 광특성에 관한 연구, 한국해양대학교 해사산업대학원 석사학위논문, pp.20-45, 2000
- [15] 황정용, 유수분리기용 유분검출기의 설계에 관한 연구, 한국해양대학교 대학원 석사학위논문, pp.10-56, 2000