

# 가스를 연료로 사용하는 선박 규정 개발에 대한 IMO의 동향

이영찬\*

## IMO's tendency against the development of provisions for Gas-Fuelled Ships

LEE YOUNG-CHAN+

**Abstract** : At maritime safety committee 78th of IMO, the Norway suggested the development of provisions for installation and operation of gas fuelled internal combustion engine with the exception of LNG carrier. At first, this document describes gas fuelled internal combustion engine, describes IMO's tendency under FP sub-committee, DE sub-committee and BLG sub-committee's purview. Furthermore, this paper proposes actions requested the development of this provisions in Republic of Korea.

**Key words** : Internal combustion engine(내연기관); Gas-fuelled ships(가스연료 선박); IMO(국제해사기구); MSC(해사안전위원회)

### 1. 배 경

IMO BLG 9차에서 전문위원회는 가스연료를 사용하는 선박을 위한 지침서 안의 적절한 조항들을 마련하고, 노르웨이가 IMO DE 48/19로 제출하였던 의제, 선박에 가스연료 엔진을 설치하였을 때 그와 연관된 위험한 요소들에 대한 검토를 위해 통신 작업반을 구성하였다. 2007년 마감을 목표로 작업을 하였으며 각국의 대표자들이 기술, 해운과 과학의 배경을 가진 사람이 참여할 것을 강조하였으며 IMO DE 전문소위원회 48차의 결과를 염두에 두고, 개발되어지는 조항들이 Natural gas만 고려되는 것이 아니라, 또 수소와 프로판처럼 다른 잠재가스도 고려되어야 한다는 원칙에 동의하였다. 우선 본 고에서는 액체연료를 사용하는 디젤기관과 구분되는 이중연료기관의 특징적인 면을 살펴보고 IGF Code 개발에 대한 국제적인 동향을 알아보기로 하자.

### 2. 가스연료기관의 특성

가스연료기관의 대부분은 이중으로 연료로 하며 이 장에서는 이중연료기관의 설계특성을 알아보기로 하자. 이중연료기관의 성능적인 측면은 전자제어디젤기관과 동일하며, 다른 점이 있다면 주연료로서 가스를 사용한다는 점입니다. 따라서, 이들 기관은 전자제어디젤기관과 같이 커먼레일관(Common Rail Pipes)을 이용한 고압 분사방식을 채택하고 있으며, 파일럿 연료(Pilot Fuel) 분사와 희박연소(lean-burn) 원리로 운전되고 있습니다. 이러한 고압분사 및 가스연료에 대한 안전장치로서 이중배관장치, 환기장치를 비롯한 각 시스템의 이중화 및 각종 감시장치 등이 설치되어있다. 이 기관의 운전상의 잇점으로는 가스, 경유 또는 중유 등을 모두 사용할 수 있는 연료의 유연성을 확보할 수 있으며, NOx, CO2와 같은 유해배출량이 적어 환경친화적이고 연료분사를 개별적으로 전자적으로 제어함으로써 우수한 저속운전성능을 발휘하며, 낮은 연료소비율, 운전비용 등 이라고 할 수 있다. 이러한 이중연료기관의 적용 현황에 대해 잠시 살펴보면, 지난 2003년 세계최초로 LNG를 연료로 하는 기관을 장착한 일반 화물선(Viking Energe호 및 Stril Pioneer호)이 건조되었으며, Gaz de France사의 74K급, 150K급 LNG 운반선과 BP사의 150K급 LNG 운반선에는 이중연료기관인 "Warstila 50DF Engine"이 탑재 완료하였다. 이중연료기관으로는 여러 엔진회사들이 있지만 본 고에서는 Warstila 50DF Engine을 예를 들어 설명하기로 한다. Warstila 50DF Engine은 4행정 이중연료기관으로서 연료의 유연성을 확보하고 있으며, 다른 가스기관에 비해 약 47% 이상 열효율 뛰어난 등의 고성능을 실현하였고, 자동화시스템에 의한 제어와 가스공급 및 파일럿 연료분사를 전자제어함으로써 최적을 운전조건을 유지할 수 있었으며, 유해배출물을 현저히 감소시킬 수 있다. 또한, 전자적으로 안전보호장치를 내장하였으며, 배관 및 외부 연결을 최소화하여 정비유지를 용이하다.

#### 2.1 이중연료기관의 설계특징

이중연료기관의 가장 큰 특징은 희박연소를 채용하여 효율을 극대화시켰다. 일반적인 디젤기관은 흡입밸브를 통해 공기를 흡입한 후 압축과정 중에 연료를 분사하여 점화 및 운전하나, 희박연소 개념을 채용한 엔진은 완전 연소에 필요한 양보다 훨씬 많은 공기를 실린더 외부에서 가스연료와 미리 혼합하여 실린더 내로 흡입시키고 이들 혼합기체를 압축한 후 파일럿 연료분사를 실시하여 점화 및 운전을 행하여 압축율이 상승하고 최고연소온도가 감소되어 기관효율은 증가하며 Nox 등의 유해배출물은 감소하게 된다. NOx와 같은 유해배출물 생성의 주 파라미터는 최고온도와 체류시간의 조절에 달려 있으며, 대부분의 이중연료기관의 공연비가 2.2인데 이는 최고연소온도가 감소되고 연료와 공기가 실린더 외부에서 미리 혼합되기 때문에 실린더 내에서는 혼합기체가 균일하게 분포하므로 Nox 생성이 감소하게 된다. 연료계통은 디젤유 공급장치와 가스공급장치로 나눌 수 있으며, 디젤류 공급장치는 다시 가스모드에서 운용되는 파일럿 연료용과 디젤모드에서 운용되는 백업 연료용으로 나누어지며, 2중 니들 분사밸브에 의해 각 모드별로 연료가 분사되도록 설계하였다. 파일럿 연료는 파일럿 펌프 유니트에 의해 요구압력까지 상승된 후 커먼레일관을 통해 각 실린더에 약 900bar로 분사되며, 분사시기 및 지속시간은 전자적으로 제어된다. 디젤모드 운전시 사용되는 백업 연료는 캠축 구동 분사펌프를 가진 기존의 디젤기관과 유사하게 분사된다. 가스연료는 필터, 차단밸브 및 통풍밸브가 포함된 가스밸브유니트를 통하여 기관으로 공급되며, 이때, 가스압력은 (기관의 부하 및 연료가스의 발열량에 따라) 가스밸브유니트에 위치한 압력조

\* 이영찬(한국해양대학교 메카트로닉스공학과, 한국해양수산연수원 근무), E-mail:01@seaman.or.kr, Tel: 051)620-5813

절밸브(pressure regulating valve)에 의해 제어됩니다. 가스의 주입은 커먼레일관과 독립적으로 연결된 가스주입밸브를 통해 이루어지며, 각 가스주입밸브는 전자적으로 제어되고 정확한 가스의 주입량을 조절하게 된다. 분사밸브는 2개의 니들로 구성되어 있는데 큰 니들은 디젤 모드에서 주디젤유를 분사시키는 역할을 하고, 유체기계적으로 제어되며, 작은 니들은 가스 모드에서 파일럿 연료유를 분사하고 전자적으로 제어된다. 각 실린더 헤드에 부착되어 있는 가스주입밸브는 엔진제어시스템(ECS)에 의해 전자적으로 작동 및 제어되며, 흡기밸브에 관계없이 독립적인 가스주입이 가능하기 때문에 정확한 공연비 및 최적의 작동점을 유지할 수 있고, 정지, 노킹 및 점화실패가 없으므로 높은 신뢰성을 확보하게 해준다. 이밖에 파일럿 펌프는 기관에 의해 구동되며, 엔진 제어시스템의 신호를 받아 정확한 연료배출압력을 설정 및 유지하는 역할을 하고, 분사펌프는 디젤모드에서 주디젤유를 분사하는 역할을 한다. 이중연료기관의 성능과 유해배출물의 최적화를 위해 가장 중요한 것은 결국 정확한 공연비를 제어한다. 따라서, 이들 기관의 정확한 공연비는 배기가스 일부를 터보차저로부터 독립적으로 바이패스시키는 웨스트 게이트밸브를 통해 제어하고 있다. 이중연료기관은 상황에 따라 운전모드를 서로 전환할 수 있으며, 가스모드에서는 모든 부하에서는 물론이고 경보상황에서도 디젤모드 운전으로 전환이 가능하지만, 대개는 디젤모드에서는 최대부하의 80% 이하에서만 가스모드 운전으로 전환이 가능하도록 설정한다.

### 3. IGF Code 개발에 대한 국제 동향

이중연료기관을 기반으로 하는 IGF Code 개발하는데에는 노르웨이가 OSV와 여객선을 운항한 경험이 있기 때문에 현재까지는 코드개발하는데 주도하고 있다. IGF Code 개발에 있어서 가장 기본적인 개념은 “본질가스안전 기관구역”과 “기관구역을 보호하는 비상차단방식(ESD)” 두개념을 기본 원칙으로 하는데 각 국가가 동의하였다. 하지만, 각 국가가 IMO에서 통신작업반이 구성되어 업무 수행중에 논의 되었던 사항 중에 중요한 질의에 대해 7가지를 해결해야만 했다. 1) 여객선에 추가 요건을 코드에 적용할 것인지 여부? 싱가포르의 선종에 따라 기준을 명확히 구분해야 하였으며, 노르웨이는 여객선은 제외하고, 가스엔진 설치를 선형에 따라 안전하게 설치해야한다고 주장하였으나 각 선종에 따라 개발이 되어져한다고 결정되었다. 2) 엔진과 엔진에 장착되는 엑세서리들에 대한 적용범위에 대해서는 엔진뿐만 아니라 연료펌프, 파이프라인, 엔진 주변장치에도 적용하기로 하였다. 3) 다른 엔진 설계 정의되어야 하는지 여부에 대해서는 내연기관만 국한하기로 하였다. 4) 안전레벨은 정의 되어져야 하는지? 안전수준에 대해서는 엔진이나 주변장치를 구분하여 FSA 기법으로 평가하기로 하였다. 5) 가스연료선박만 사용할 경우, 두개로 완전히 구분된 엔진룸이 요구되는지 여부에 대해서는 가스만 사용하는 기관인 경우 별도의 기관구역은 필요하지 않다는 것으로 결정되었다. 6) 라인상 10 bar를 제한 압력으로 할지 여부에 대해서는 비상차단시스템(ESD) 적용시 파이프 최대 허용압력과 감판한 연료가스 저장시 최대 허용압력은 필수적으로 차후에 검토할 것으로 결론지어졌다. 7) 저장 탱크나 탱크 배터리의 위치 요건에 대해서는 연료탱크의 위치는 안전상 중요한 사항으로 필수적으로 안전성 재검토하기로 하였다.

### 4. 결 론

IGF Code 개발의 향후 작업 계획은 IMO BLG 10차에서 통신 작업반 구성하여 BLG 10차 결과를 DE, FP와 STW에 회부하고 그 의견을 고려하여 BLG 11차에서 지침서 초안 작성한 후에 2008년에 Interim Guideline 초안 마련하고 Interim Guideline 승인을 위하여 MSC 84차에 제출하기로 하였다. 가스를 연료로 사용하는 선박에 대해서 현재는 진행중이라고 할 수 있다. 하지만 액체연료, 가스연료 모두 사용할 수 있다는 장점은 선주나 사용자에게 큰 잇점으로 보인다. 또한 2005년 5월 19일 국제대기오염방지 증서가 발효하게 됨에 따라 이 엔진은 또한 대기오염에 크게 차지하게 되는 SOx, NOx도 상당한 양을 감소시킬 수 있다. 앞으로 선주, 학계, 선급 그리고 선박회사에서는 이에 대한 관심을 기울리고 준비를 해야만 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] [www.imo.org](http://www.imo.org)
- [2] Wärtsilä 50DF Engine Manual
- [3] Mitsubishi KU30GA Engine Manual
- [4] Niigata 22AG Engine Manual
- [5] [www.dnv.com](http://www.dnv.com)
- [6] [www.eagle.org](http://www.eagle.org)