JFMSE, 33(4), pp. 918~928, 2021.
수산해양교육연구, 제33권 제4호, 통권112호, 2021.
www.ksfme.or.kr
https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.8.33.4.918

화물 작업용 스크러버의 세정수 처리에 관한 이론적 제안

윤귀호 · 강민균†
한국해양대학교(교수)

A Theoretical Proposal for the Treatment of Scrubber Washwater for Cargo Operation

Gwi-Ho YUN · Min-Kyoon KANG†
Korea Maritime and Ocean University(professor)

Abstract

In the past, international efforts have been made to prevent pollution from ships, and as a result, the International Convention on Pollution Prevention(MARPOL) has been adopted. However, there is a growing need for stronger pollution control as international perceptions of environmental issues such as global warming change. As part of this, regulations on emissions from ships have been implemented, especially regulating the sulfur content. Ships are responding by using low sulfur fuel, LNG fuel and installing scrubbers. The reduction of sulfur content through scrubber systems is under international discussion as additional regulatory needs are recognized as contaminated washwater. Scrubbers have been operated on tankers for cargo operations for a long time, and no regulations have been made on contaminated washwater generated from these cargo scrubbers. In response, this study proposes international discussion and regulatory needs for contaminated wahswater generated from cargo operations, as well as several treatment measures. Through this, it will be able to reduce pollution caused by ships while preemptively responding to the situation where regulations on environmental pollution are continuously strengthened.

Key words : International convention, Emission, Sulfur content, Scrubber, Washwater

Ⅰ. 서 론

환경 문제에 대한 국제적인 인식이 대두되면서 환경을 오염시킬 수 있는 여러 오염원에 대한 분석이 진행되었고, 선박도 환경을 오염시키는 주요한 오염원 중에 하나로 인식되었다.

환경오염으로는 대기오염, 수질오염, 토양오염 및 해양오염 등 여러 종류가 있으나 선박으로부터 기인한 오염은 주로 해양오염에 국한되어 있었으나 차츰 선박에서 배출되는 배기가스에 대한 인식이 이루어지면서 대기오염 또한 연관되어 있는 것으로 인식되고 있다(Kim et al., 2015).

국제적인 교류가 많이 이루어지면서 선대 규모가 지속적으로 증가하고 있으며(Lee et al., 2019), 탱커선의 경우도 유류 수요 증가에 따라 향후 2030년까지는 선박을 통한 해상운송량이 증가할 것으로 예상된다(International Shipping News, 2019).

해상물동량 증가는 선복량의 증가를 가져왔고

† Corresponding author: 051-410-5082, captkang@kmou.ac.kr
※ 이 논문은 “화물 작업용 스크러버의 세정수 처리 개선방안에 관한 연구”란 제목으로 “2021년도 (사)해양환경안전학회 춘계학술발표회(2021.6.24.-25.)”에 발표되었음.

선박으로부터 기인한 오염에 대한 관심도가 높아질 수밖에 없었으며, 이에 대한 국제적인 노력의 일환으로 선박으로부터 오염방지를 위한 국제협약(International Convention for the Prevention of Pollution from the Ships, 이하 “MARPOL”)이 채택되었다.

MARPOL 협약 중 부속서 6은 선박에서 배출되는 배기가스로 인한 오염의 규제를 위한 규정으로써, 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx) 및 미립자(Particulate Matter)와 같은 오염물질을 규제하고 있다(Jens et al., 2014).

특히 규제 물질 중 황산화물은 규제 기준이 점차 강화되고 있으며(2020년 1월 1일부터 선박 연료유의 황 함유량의 기준을 3.5%에서 0.5%로 강화), 이에 따라 황산화물을 저감하기 위하여 선박에서는 저유황 연료유 사용, LNG 연료 사용 및 스크러버(Scrubber) 사용 등의 방법을 적용하고 있다(Kim, 2019).

그러나 이러한 황산화물 저감 방법 중 스크러버 설비를 통한 방법은 해당 장치에서 오염된 세정수가 발생하므로 이에 대한 처리 문제가 국제적으로 또 다른 이슈화가 되고 있다.

이로 인하여 MEPC(IMO 산하 해양환경보호위원회)요청으로 오염된 세정수의 해상 방류 시에 유해성을 포함한 해양 환경 영향에 대한 과학적 분석이 이루어지고 있으며, 개방형 스크러버의 허용을 금지하는 분위기가 점점 확산되고 있고, 향후 스크러버 대한 규제가 높아질 가능성이 높다(KMI, 2020).

하지만 스크러버에서 배출되는 세정수에 대한 관심과 더불어 좀 더 선박으로부터 오염원을 줄이기 위한 노력이 지속되고 있는 가운데, 탱커선에 설치되어 있는 화물 작업용 스크러버에서 발생하는 세정수에 대해서는 별다른 관심이 없는 상황이다.

탱커선에 설치되어 있는 화물 작업용 스크러버는 선박이 항내에 정박하여 화물 작업을 수행하는 과정에서 주로 사용이 되기 때문에 그로 인해 발생하는 세정수는 항내에 방류될 수밖에 없기에 상황이 더 심각하다 하겠다.

시대적으로 환경오염 방지를 위해 여러 노력이 이루어지고 있다는 측면에서 탱커선에 화물 작업용으로 설치된 스크러버에서 배출되는 세정수에 대한 규제도 필요하다 할 것이다.

이를 위해 본 논문에서는 선박에 설치되어 운용되고 있는 스크러버의 운용 현황 및 스크러버에서 발생하는 세정수의 처리 현황을 살펴본 후에 화물 작업용을 포함하여 스크러버에서 발생하는 세정수의 처리 과정에서 발생하는 문제점들을 검토하고자 한다. 더불어, 화물 작업용 스크러버의 세정수를 처리할 수 있는 방안을 모색하고, 이에 대한 규제의 필요성을 제안하고자 한다.

화물 작업용 스크러버에서 발생하는 세정수의 적절한 처리는 해양오염을 줄일 수 있는 또 다른 방법 중에 하나가 될 것이며, 환경오염을 방지하기 위해 점점 더 엄격해지고 있는 환경 오염원에 대한 규제에 선결적인 대응이 될 수 있을 것으로 기대된다.

Ⅱ. 스크러버(Scrubber) 운용 현황

1. 선박 배기가스 처리용 스크러버

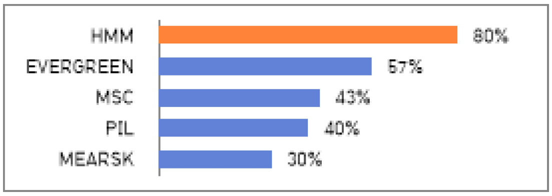
선박으로부터 대기오염을 줄이기 위한 노력의 일환으로 선박 배기가스에 포함된 주요 환경 오염원인 황산화물(SOx) 및 질소산화물(NOx)의 규제를 시작하게 되었다(Choi, 2017).

선박에서 배출되는 배기가스의 규제 사항을 충족하기 위하여 선박에서는 앞서 언급한 바와 같이 저유황 연료유 사용, LNG 연료 사용 및 스크러버 사용 등의 방법을 채택하여 이행하고 있다.

이렇듯 선박 배기가스 처리용 스크러버는 국제적인 환경오염 규제에 따라 선박에서 채택하여 적용하고 있는 환경오염 저감 방법 중에 하나이다.

2020년 10월 기준 세계 주요 해운사의 스크러버 설치율은 [Fig 1]과 같으며, 국내 최대선사인

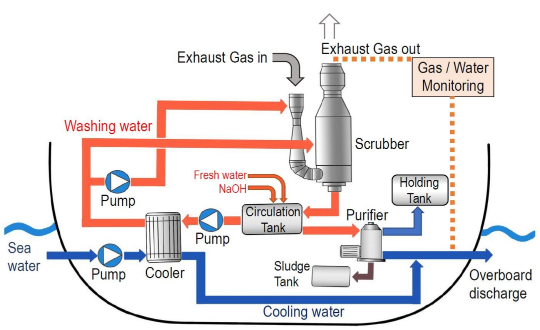
HMM은 선대의 스크러버 설치율이 80%로 가장 높게 나타났다(Alphaliner, 2020).



[Fig. 1] Scrubber Installation Rate of Major Shipping Companies (Alphaliner, 2020).

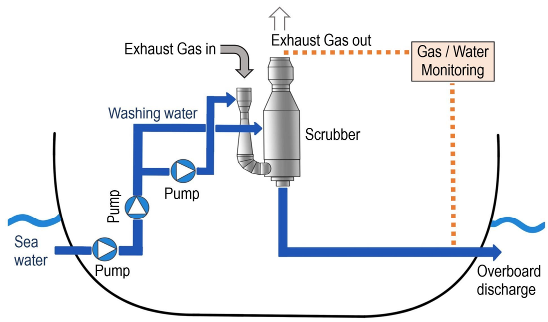
선박 배기가스 처리용 스크러버는 크게 배기가스에 포함된 질소산화물 및 황산화물을 제거하기 위해 해수나 화학세정수를 이용하는 습식 스크러버와 건조된 화학물질을 이용하는 건식 스크러버로 나눌 수 있다. 건식 스크러버는 주로 육상에서 사용되며, 선박에서는 습식 스크러버를 채택하여 운용하고 있다(Eom et al., 2019).

습식 스크러버 설비는 [Fig. 2] 및 [Fig. 3]과 같이 세정수를 처리하는 방식에 따라 폐쇄형(Closed-loop)과 개방형(Open-loop)으로 나눠진다(KMI, 2020).

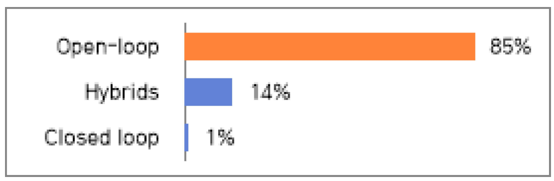


[Fig. 2] Closed-loop Scrubber of Wet Scrubbing System.

국제청정교통위원회(ICCT; International Council on Clean Transportation)의 보고서에 따르면 2020년 말 기준 선박에 설치된 스크러버의 형식은 [Fig. 4]와 같이 개방형 스크러버가 약 85%로 가장 많이 설치되었고 폐쇄형 스크러버가 약 1% 설치되었으며, 개방형과 폐쇄형의 혼합형태인 하이브리드형 스크러버가 약 14% 설치되었다(ICCT, 2021).



[Fig. 3] Open-loop Scrubber of Wet Scrubbing System.



[Fig. 4] Type of scrubbers installed by the end of 2020 (ICCT, 2021).

폐쇄형의 경우는 스크러버 작동으로 발생한 세정수를 별도의 세정수 처리장치에서 처리과정을 거치기 때문에 해양오염 측면에서만 보았을 경우 문제가 될 소지는 없지만, 개방형의 경우는 오염된 세정수를 바다로 배출하기 때문에 해양 오염 문제를 일으킬 소지가 크다.

개방형 스크러버에서 배출된 세정수가 해양환경에 어떤 문제가 되는지 확실히 검증된 바는 없으나, 일부 국가에서는 개방형 스크러버의 사용을 금지하고 있으며 해당 관할지역 내에서는 저유황유를 사용토록 규제하고 있다(MK, 2019).

2. 선박 화물 작업용 스크러버

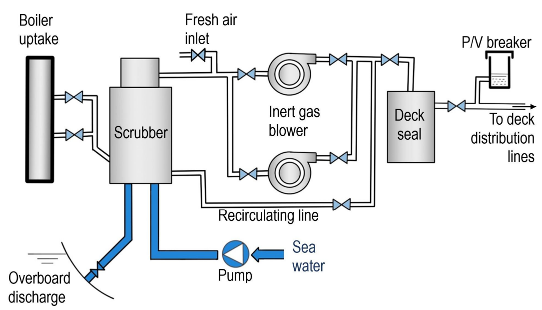
선박 배기가스 처리용 스크러버가 최근에 환경오염 규제에 따라 설치 운용되고 있는 반면에 선박 화물 작업용 스크러버는 선박이 유류 화물을

운송하기 시작하면서 운용되어 왔다.

원유 및 석유화학제품을 운송하는 탱커선은 화물 탱크의 가연성 가스로 인한 화재 및 폭발을 방지하기 위하여 불활성 가스 공급 장치(Inert gas system)를 사용한다. 불활성 가스 공급 장치에는 보일러 배기가스에서 나오는 아황산가스(SO2) 및 그을음을 제거하기 위하여 스크러버를 장착하고 있다(Hironobu, 2019).

탱커선에서 불활성 가스는 통상 항해 중에 화물을 적재한 저장 탱크에 압력이 떨어졌을 경우 이를 보상하거나 선박 검사를 받기 위해서 화물 탱크의 퍼징(Purging) 작업을 수행할 때에 필요하게 되고, 정박 중에는 화물을 양륙(Discharging)하는 과정에서 화물 탱크에 불활성 가스를 공급해야 하므로 반드시 필요하다(IMO, 1974).

[Fig. 5]는 탱커선에 설치되어 있는 일반적인 불활성 가스 공급 장치의 주요 장비 개요도이다. 이 장치는 선박의 보일러에서 발생하는 배기가스를 불활성 가스로 활용하는 방식으로써 보일러에서 생성된 배기가스를 화물 탱크로 보내기 전에 스크러버를 거치게 되어 있음을 알 수 있다.



[Fig. 5] Inert Gas System for Cargo Operation of Tanker Ship.

더불어, 불활성 가스 공급 장치에 설치되어 있는 스크러버는 앞서 언급되었던 선박 배기가스 처리용 스크러버 종류 중에 개방형 스크러버와 거의 동일하며, 스크러버의 세정수를 여과없이 바다로 방류하기 때문에 해양오염 문제를 일으킬 소지가 크다.

Ⅲ. 화물 작업용 스크러버 세정수 처리상 문제점

1. 항만 수질 악화

항만 내 수역은 대양에 비해 상대적으로 육상 오염으로부터 노출이 되어 있는 수역이라 오염에 취약하며, 해수의 유통이나 흐름 또한 상대적으로 떨어지기 때문에 정화 작용도 원활하게 이루어지기 힘든 환경인 곳이 많다. [Fig. 6]은 우리나라의 대표적인 탱커선 터미널 전경이다.

[Fig. 6] Tanker Terminal at Yeosu, Korea (Google Map).

항만 내 수역의 오염을 줄이기 위해 여러 방안과 규제가 이루어지고 있는 상황인데, 탱커선을 포함하여 많은 선박들이 이러한 항만에 정박하여 하역작업을 수행하면서 발생시키는 오염원, 특히 배기가스에 대한 심각성을 인식하고 이에 대한 엄격한 규제를 시행하고 있다(Song and Han, 2007).

탱커선은 항만 내 터미널에 정박하여 하역작업을 수행하는 동안 불활성 가스 공급 장치를 작동해야 하며, 이 장치의 주요 장비인 스크러버가 운용되면서 상당량의 오염된 세정수가 생성된다.

해양 환경 보호의 일환으로 선박으로부터 기인한 오염원에 대한 엄격한 규제가 이루어지고 있

는 상황임에도 불구하고, 화물 작업용 스크러버에서 생성된 세정수는 아무런 규제 없이 바다로 방류되면서 항만 수질을 악화시키고 있는 상황이다.

2. 개방형 스크러버 규제 강화

선박으로부터 기인한 환경오염을 줄이기 위한 국제적인 노력의 일환으로 MARPOL과 같은 협약이 채택되고, 이후 점점 더 선박으로부터 발생되는 오염원에 대한 규제를 강화하고 있는 추세이다.

선박 배기가스에 대한 규제 또한 그 일환의 하나로 배기가스에 포함된 황산화물, 질소산화물 및 미립자 등의 배출 규제를 시행함으로써 선박에서는 앞서 언급한 여러 방식을 통하여 규제를 따르고 있다.

선박 배기가스 처리용 스크러버도 그러한 방식 중에 하나로 채택이 되어 상당수의 선박에서 설치를 하고 운용하고 있는데, 문제는 선박의 배기가스의 규제 사항은 충족을 하지만 부수적으로 발생하는 세정수가 바다로 방류될 경우 해양오염을 시킬 수 있다는 점이다.

ICCT의 보고서에 의하면, 전세계적으로 매년 100억톤 이상의 스크러버 세정수가 해상에 방류되고 있으며, 약 100억톤이 개방형 스크러버에서 배출되고 약 30만톤이 폐쇄형 스크러버에서 배출된다고 한다(ICCT, 2021).

다행히 스크러버 세정수에 대한 해양오염에 대한 인식이 국제적으로 이루어지면서 세정수 배출기준이 마련되었는데, 폐쇄형 스크러버에서 발생되는 세정수는 바다로 방류하거나 선상 소각을 금지하고 적절한 육상 시설로 이송하여야 하며, 개방형 스크러버에서 발생하는 세정수는 선박이 정지해 있을 경우, 스크러버 세정수 배출지점으로부터 4미터에서 pH 6.5 이상이 되어야 한다고 규정되어 있다(Choi, et at., 2019).

일부 국가에서는 세정수의 위험성은 크지 않다고 주장하는 경우도 있지만, 상당수의 국가들이 세정수의 유해성에 관한 면밀한 검토의 필요성을 제안하였다. 이에 따라 IMO가 직접 세정수의 유해성을 검토하기로 하였으며, 산하기관인 해양환경보호전문가그룹(GESAMP; joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection)에 세정수의 해상환경 영향에 대한 과학적 분석을 의뢰하였고, 그 결과를 해양환경보호위원회(MEPC; Marine Environment Protection Committee)에 권고하기로 하였다(IMO, 2020).

이렇듯 많은 국가들과 국제기구 등에서의 스크러버 세정수에 대한 관심과 해양오염에 대한 우려로 일정한 규제가 이루어지고 있으며, 지속적인 과학적 분석 결과를 통하여 그 규제가 강화될 것으로 예상된다.

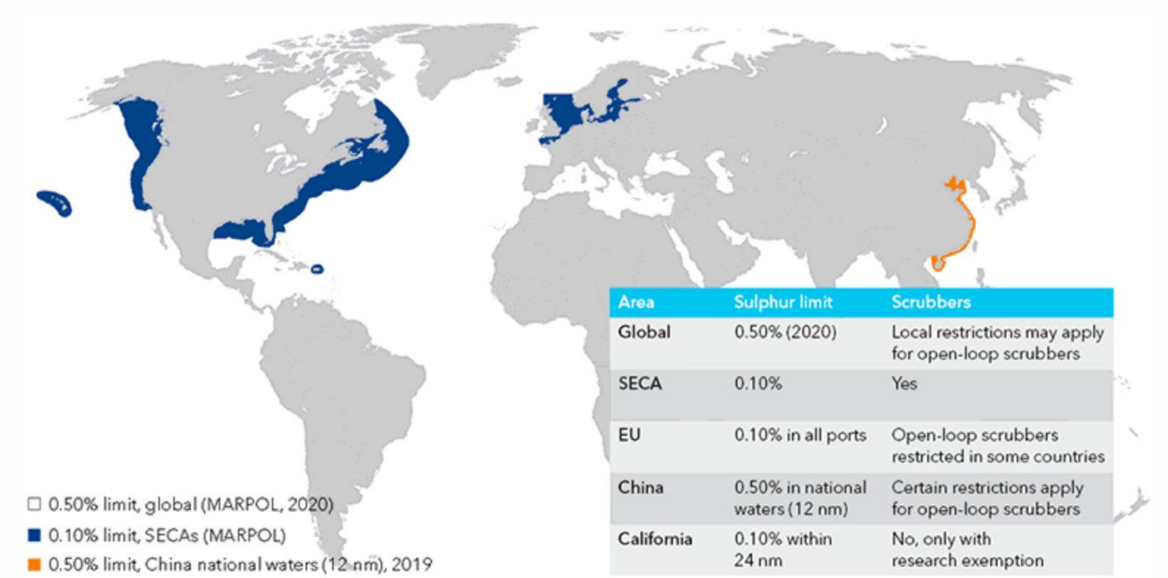
이미 일부 국가에서는 개방형 스크러버를 통한 세정수의 배출을 일체 금지하고 있다. 북유럽의 벨기에, 독일, 아일랜드 등에서는 스크러버 세정수 배출을 이미 금지하였고, 미국도 자국내 여러 항만에서 그리고 싱가포르도 최근에 개방형 스크러버의 사용을 금지하였으며, 중국도 개방형 스크러버의 사용 금지를 도입할 예정으로 알려져 있다(MK, 2019).

[Fig. 7]에서 개방형 스크러버의 사용을 금지하고 있는 국가들을 확인할 수 있는데, 이러한 금지 국가들의 수는 점점 늘어날 것으로 보인다(DNV, 2020).

3. 화물 작업용 스크러버의 세정수 규제 방안 부재

지금까지 앞서 언급한 스크러버는 선박으로부터 배출되는 배기가스의 규제에 따라 국제적으로 승인된 선박 배기가스 세정장치(EGCS; Exhaust Gas Cleaning Systems)를 사용함으로써 선박에서 배출되는 배기가스를 규제하여 대기오염을 줄이고자 하는 것에만 초점이 맞춰져 있었다.

그러나 최근에는 스크러버를 운용하는 과정에



[Fig. 7] Global Sulphur Cap 2020 (DNV, 2020).

서 부수적으로 발생하는 세정수가 해양에 유해할 수 있다는 국제적인 우려가 가중되면서 세정수의 배출 규제 필요성을 인식하고 이에 대한 관련 규정을 제정하였고, 세정수의 유해성에 대한 과학적 분석을 통하여 규정 개정도 진행하고 있는 상황이다(KMI, 2020).

스크러버에서 발생한 세정수의 유해성에 대한 과학적 분석 결과가 나오지 않았지만 이미 여러 국가에서 세정수 배출 규제를 시행하고 있고, 그러한 국가들의 수도 증가하고 있다는 측면에서 볼 때 어떠한 방식으로든 세정수 처리 및 배출에 대한 규제는 더욱 강화될 것으로 예상되므로, 그 용량과 사용 목적에서만 차이가 있을 뿐 화물 작업용으로 사용되고 있는 스크러버에서도 동일한 세정수가 발생하고 있으므로 이에 대한 규제도 필요할 것이다.

화물 작업용 스크러버는 앞서 언급한 바와 같이 개방형 스크러버의 형태를 가지고 있기 때문에 선박 배기가스 처리용 스크러버에서 발생되는 세정수 처리와 같이 규제 방안이 마련되어 있어야 함에도 불구하고 그렇지 못한 상황이다.

Ⅳ. 개선 방안

1. 화물용 스크러버의 세정수 처리 규제

선박에 설치되어 활용되고 있는 스크러버는 그 용도에 따라 크게 배기가스 후처리용과 화물 작업용으로 분류할 수 있다.

선박에 설치된 스크러버들은 설비 규격에 맞게 인증 검사를 통해 승인된 설비들이라고 할 수 있다. 그렇기 때문에 이들 설비들을 운용하는 것은 법적으로 아무런 문제가 없다. 하지만 이후 스크러버를 운용하는 과정에서 부수적으로 발생하는 세정수를 바다로 방류했을 경우 유해성에 대한 우려가 제기되면서 세정수의 배출 기준을 별도로 규정하게 되었다(IMO, 2020).

바다로 방류하는 세정수의 유해성에 대한 우려가 국제적으로 가중되면서 현재 세정수의 유해성에 대한 과학적 분석을 통하여 세정수 배출 기준의 개정이 이루어질 예정이다. 하지만 새로운 배출 기준이 마련되기 전까지는 기존 규정에 충족하는 스크러버의 운용을 허용해야 함에도 불구하

고, 이미 앞서 언급한 바와 같이 다수의 국가에서는 개방형 스크러버의 운용 금지 즉, 세정수의 배출을 금지하고 있는 상황이다(MK, 2019).

국제적인 기준이 아직 개정되지도 않았는데 개별 국가들이 규제하는 것은 얼핏 국제법 위반이 아닌가라고 판단할 수 있으나 유엔해양법협약에 각 국가들은 자국의 관할권이 미치는 수역인 내해 및 영해 등에서 해양오염을 줄이기 위한 조치를 취할 수 있는 권리(UNCLOS, Article 194)가 있기 때문에 문제의 소지는 없다(Mo and Sung, 2014).

이렇듯 개별 국가들도 해양 환경을 보호하기 위하여 점점 더 규제를 강화하고 있고, 국제해사기구도 규정 개정을 통하여 환경 규제를 강화하는 방향으로 진행하고 있다는 측면을 고려할 때 스크러버 및 세정수와 관련하여 규정 제정이나 개정을 하면서 관련 법령 및 규정의 적용 범위를 현재 선박 배기가스 처리용 스크러버로 한정하지 않고 화물 작업용 스크러버도 동일하게 적용할 수 있도록 적용 범위를 선박에 설치되어 있는 모든 스크러버로 확대할 필요가 있다.

국제적으로 화물 작업용 스크러버의 규제를 논의하여 관련 법령을 제정하거나 개정하는데 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다면, 우리나라는 많은 탱커선을 수용하고 있는 국가들 중에 하나이기 때문에 화물 작업용 스크러버의 운용에 따른 해양 환경오염에 노출될 수밖에 없으므로, 필요하다면 우선 관련 국내법인 '선박에서의 오염방지에 관한 규칙'을 개정하여 조속히 규제할 필요가 있다.

이는 앞서 언급한 바와 같이 스크러버 세정수에 의한 해양오염에 대한 우려로 여러 국가들이 자국의 관할 수역에서의 해양오염방지 규제를 강화하여 시행하고 있다는 점을 고려할 때 어려운 일은 아닐 것이다.

2. 화물용 스크러버 세정수 처리 방안

향후 화물용 스크러버 세정수의 처리에 대한 규제가 이루어진다면 선박에서는 이에 대한 대처가 필요할 것이다.

선박 적용과 관련하여 기존에 화물용 스크러버를 설치하여 운용하고 있는 경우 및 신조선에 화물 작업용 스크러버를 설치할 경우를 생각할 수 있겠는데, 다음과 같은 방안들을 상황에 맞게 선택적으로 채택하여 적용하면 될 것이다.

가. 선박 배기가스 처리용 스크러버 겸용

화물 작업용 스크러버를 별도로 설치하지 않고, 선박 배기가스 처리용 스크러버를 겸용하는 방안이다.

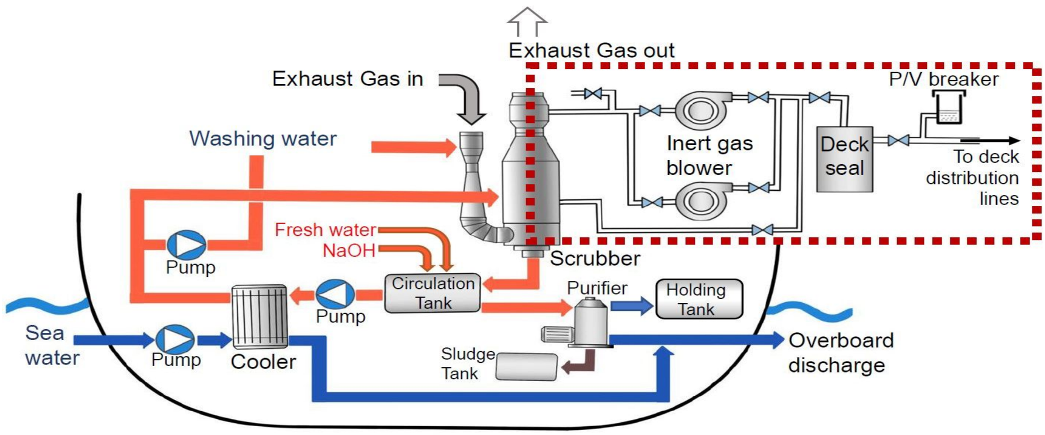
스크러버를 활용하면서 생성되는 오염된 세정수를 바다로 배출하는 것이 문제가 되고 있기 때문에 이러한 점을 고려하면서 폐쇄형의 선박 배기가스 처리용 스크러버를 화물 작업용 스크러버로도 사용될 수 있게 [Fig. 8] 및 [Fig. 9]처럼 라인을 연결시켜 사용하는 방안을 고려할 수 있다.

우선 각 스크러버의 차이점을 포함한 특징을 살펴보면 배기가스 처리용 스크러버는 주로 선박의 내연기관인 주기관(Main Engine) 및 발전기(Generator)의 운용 중에 발생하는 배기가스를 처리하고, 화물 작업용 스크러버는 주로 보일러(Boiler)의 배출가스를 처리한다. 그렇기 때문에 배기가스 처리용 스크러버는 주로 항해 중에 사용이 많이 되고, 화물 작업용 스크러버는 정박 중 화물 작업을 하면서 주로 사용된다고 할 수 있다. 그리고 배기가스 처리용 스크러버는 처리한 배기가스를 외부로 배출시키는 반면 화물 작업용 스크러버는 처리한 배출가스를 화물 작업에 활용한다는 차이점이 있다.

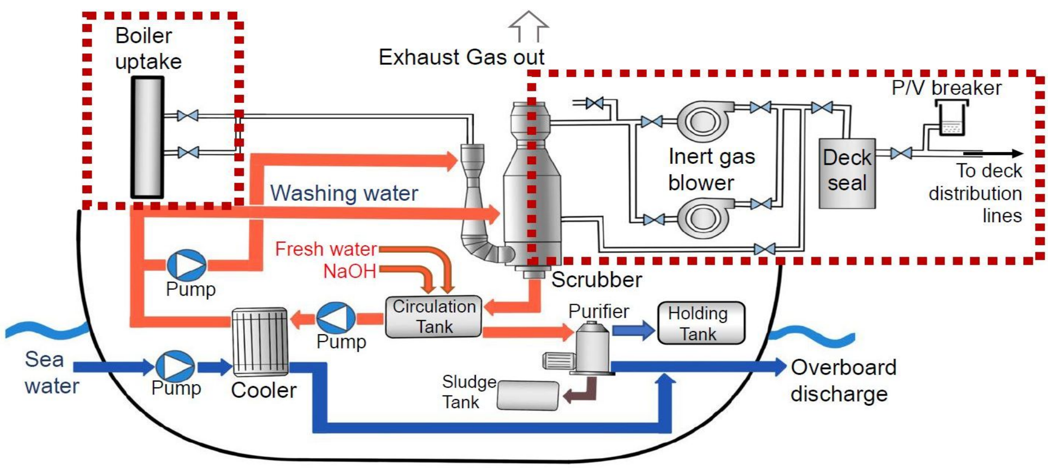
화물 작업용 스크러버는 탱커선이 화물 작업을 수행하는데 있어 필요한 불활성 가스(Inert Gas)를 생성하는 불활성 가스 공급 장치의 주요 장비 중 하나이다. 화물 작업에 필요한 불활성 가스는 보일러 배출가스뿐만 아니라 연소가 되어 산소 농도가 낮거나 다른 물질들과 화학 반응 등을 하지

않는 가스라면 활용할 수 있다는 측면을 고려해 볼 필요가 있다.

정박 중에도 주기관은 사용을 하지 않더라도 발전기는 작동을 시키기 때문에 배기가스는 생성이 된다고 할 수 있고, 이러한 발전기에서 생성되는 배기가스의 용량이 화물 작업에 필요한 불활성 가스의 용량보다 많다면 [Fig. 8]과 같이 선박 배기가스 처리용 스크러버에서 불활성 가스 공급 장치의 Blower 쪽으로 라인만 연결하여 화물구역으로 갈 수 있도록 하는 방안을 고려할 수 있다. 하지만 발전기에서 생성되는 배기가스의 용량이 화물 작업에 필요한 용량보다 적거나 환경 문제 때문에 정박 중 선박의 발전기 사용을 금지하는 경우는 [Fig. 9]와 같이 기존의 보일러 배기가스를 선박 배기가스 처리용 스크러버를 거쳐 다시 불활성 가스 공급 장치의 Blower 쪽으로 라인을 연결하여 화물구역으로 갈 수 있도록 하는 방안을 고려할 수 있다.



[Fig. 8] Method of Combining Exhaust Gas Scrubber and Inert Gas System (using Generator Engine Exhaust Gas).



[Fig. 9] Method of Combining Exhaust Gas Scrubber and Inert Gas System (using Boiler Exhaust Gas).

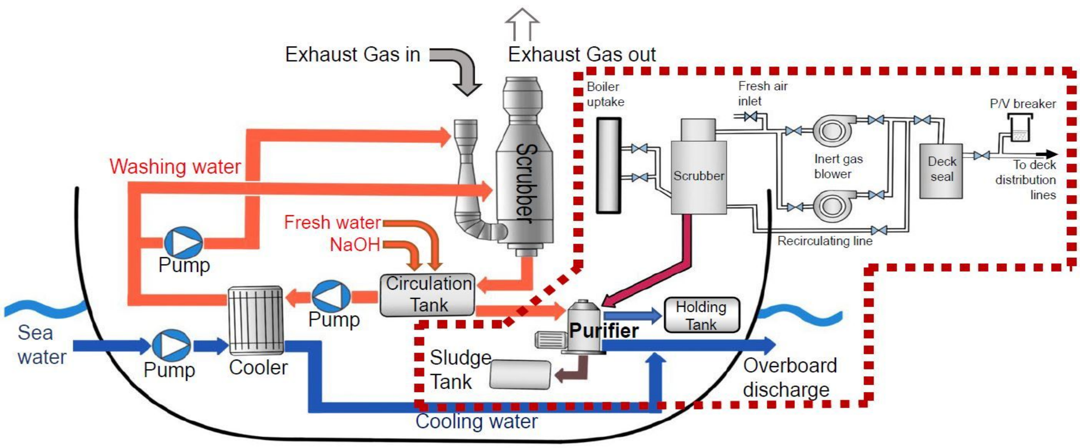
나. 선박 배기가스 처리용 스크러버 세정수 처리 장치 겸용

기존에 이미 선박 배기가스 처리용 스크러버와 화물 작업용 스크러버를 설치하여 사용하고 있는 선박에서 가장 저비용으로 활용할 수 있는 방법은 선박 배기가스 처리용 스크러버 세정수 처리 장치를 겸용하는 방안이라 할 수 있다.

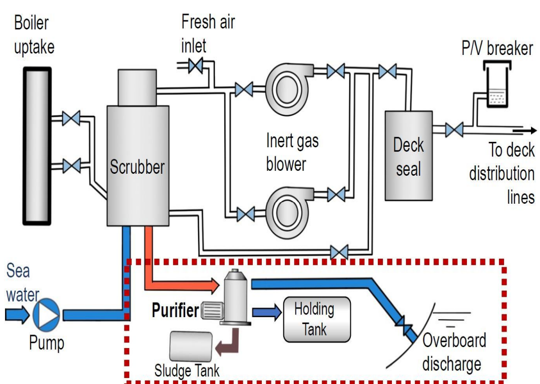
선박에 폐쇄형 배기가스 처리용 스크러버가 설치되어 있다면 동 설비에서 생성된 세정수를 처리할 수 있는 장치로 화물 작업용 스크러버에서 생성된 세정수도 이동할 수 있도록 [Fig. 10]과 같이 연결 라인을 설치하는 방안을 고려할 수 있다.

다. 별도 세정수 처리장치 설비

앞서 언급되었던 화물 작업용 스크러버와 선박 배기가스 처리용 스크러버를 겸용으로 사용하기 위해 추가 설비를 하는 과정에서 장소적, 기술적 또는 법적인 문제들이 해소가 되지 않는 경우는 [Fig. 11]과 같이 화물 작업용 스크러버 세정수 처리장치를 별도로 설치하는 방안을 고려할 수 있다. 이것은 선박 배기가스 처리용 스크러버 중에 폐쇄형과 거의 같은 구조라 할 수 있다.



[Fig. 10] Method of Connecting Inert Gas Scrubber to Purifier on Closed-Loop Scrubber.



[Fig. 11] Method of Installing Purifier on Inert Gas System for Cargo Operation.

라. 저유황 연료 사용

선박 배기가스 처리용 스크러버를 설치하고 있지 않은 선박에 가장 적합한 방안으로 불활성 가스 공급 장치에 저유황 연료를 사용하는 것이다.

불활성 가스 공급 장치에 저유황을 사용한다면 해당 장치에 부가되어 있는 스크러버에서 발생하는 세정수는 해상 방류에 문제가 되지 않을 것이다.

하지만 선박에서 저유황 연료유를 사용하는 경우에는 배기가스 스크러버를 설치할 필요가 없지만, 불활성 가스 공급 장치에 저유황을 사용하게 된다고 할지라도 스크러버는 여전히 필요하다.

이는 화물 작업용 스크러버는 선박 배기가스 처리용 스크러버의 주요 기능에 더해 불활성 가스를 화물구역으로 주입하기 전에 그을음을 제거하고 냉각(Cooling)시키는 기능도 갖고 있기 때문이다.

Ⅴ. 결 론

환경 문제에 대한 국제적인 인식이 대두되는 상황에서 해상물동량 확대에 따른 선대 규모가 증가하면서 선박으로부터 기인한 오염에 대한 관심도가 높아지고 있는 상황이다. 그 결과 국제적으로 선박으로부터 기인한 오염을 규제하기 위하여 국제협약인 MARPOL을 채택하였다.

이러한 MARPOL에 의해 선박으로부터 배출되는 여러 오염원을 규제하고 있는데, 최근에 선박으로 인한 대기오염에 대한 규제도 강화하고 있다.

선박으로 인한 대기오염원은 배출되는 배기가스로 황산화물(SOx), 질소산화물(NOx) 및 미립자(PM) 등의 오염물질을 포함하고 있다.

국제적인 환경 규제에 따라 배기가스에 포함된 오염물질 중에 황산화물을 저감하기 위하여 선박에서는 저유황 연료유 사용, LNG 연료 사용 및 스크러버 사용 등의 방법을 채택하고 있다.

배기가스 세정장치의 스크러버에서는 부산물인 세정수가 발생하게 되는데, 이러한 세정수를 바다로 방류했을 때 해양오염을 일으킬 수 있다는 세정수의 유해성에 대한 국제적인 우려가 증가하면서 세정수 처리에 대한 규제 강화도 진행이 되고 있다.

국제해사기구에서는 스크러버의 세정수에 대한 과학적 분석을 시행하고 그 결과를 바탕으로 세정수에 대한 처리 규제를 강화할 것으로 예상되고, 이미 여러 국가에서 자국 관할 수역의 해양오염을 막기 위하여 세정수가 바다로 방류되는 개방형 스크러버의 사용을 금지하고 있다.

그런데 과거부터 유류화물을 운송하는 탱커선은 화물 작업용으로 스크러버를 설치하여 운용하고 있으며, 최근에 설치되고 있는 선박 배기가스 처리용 스크러버와 그 목적과 용량에서 다소 차이가 있을 뿐 동일하게 세정수를 발생시키고 있음에도 이에 대한 아무런 규제도 이루어지고 있지 않을 상황이다.

세정수에 의한 해양오염의 규제가 강화되고 있다는 점과 이미 여러 국가들이 자국의 관할 수역에서 엄격한 해양오염 규제를 시행하고 있다는 점을 고려할 때, 화물 작업용 스크러버에서 발생하는 세정수에 대한 규제도 이루어질 필요가 있다. 향후 규제가 이루어진다면 이에 대한 대처가 필요할 것으로 판단되는바 다음과 같은 방안들이 적용 가능할 것이다.

(1) 선박에 설치되어 있는 배기가스 처리용 스크러버와 화물 작업용 스크러버의 기본 구조가 거의 같으므로, 폐쇄형의 선박 배기가스 처리용 스크러버 자체를 겸용으로 사용하는 방안

(2) 기존에 이미 선박 배기가스 처리용 스크러버와 화물 작업용 스크러버를 설치하여 사용하고 있는 선박에서 가장 저비용으로 활용할 수 있는 방법으로, 선박 배기가스 세정장치의 스크러버 세정수 처리장치를 겸용하는 방안

(3) 화물 작업용 스크러버 세정수 처리장치를 별도로 설치하는 방안

(4) 선박 배기가스 세정장치를 설치하고 있지 않은 선박에 가장 적합한 방안으로, 불활성 가스 공급 장치에 저유황 연료를 사용하는 방안

이렇듯 화물 작업용 스크러버에서 발생하는 세정수의 적절한 처리는 환경오염을 줄일 수 있는 또 다른 방법 중에 하나가 될 것이며, 환경오염을 방지하기 위해 점점 더 엄격해지고 있는 환경오염원에 대한 규제에 선결적인 대응이 될 수 있을 것으로 기대된다.

References

Alphaliner(2020). Aplhaliner Weekly Newsletter (27.10.2020).

Choi JS, Kim JG, Park BH and Lee JY(2017). Study on Wet Scrubber for SOx/NOx Treatment in Ship Flue Gas, The Korean Society of Applied Science and Technology, 34(1), 184. https://doi.org/10.12925/jkocs.2017.34.1.183

Choi YS, Cha MH, Kim M and Lim TW(2019). Designing of Nozzle Diameter Based on the IMO Regulation for Discharging Scrubber Washwater, Journal of Advanced Marine Engineering and Technology, 43(4), 285~286. https://doi.org/10.5916/jkosme.2019.43.4.285

DNV(2020). Global Sulphur Cap 2020. https://www.dnv.com/maritime/global-sulphur-cap/index.html on June 20.

Eom HK, Park BH, Jeong SK and Kim SS(2019). Trend and Prospect of Scrubber Technology for Regulatory on Sulfur Content in Marine Fuel Oil, KCI News, 22(5), 3~5.

Hironobu M(2019). Outline of Inert Gas System and Development of New-type Inert Gas Scrubber for Boilers Using Low Sulphur Heavy Fuel Oil, Journal of Japan Institute of Marine Engineering, 54(3), 85~89. https://doi.org/10.5988/jime.54.401

International Council on Clean Transportation(2021). Global scrubber washwater discharges under IMO's 2020 fuel sulfur limit, 12-13.

IMO(2020). Cutting Sulphur Oxide Emissions

IMO(1974). International Convention for the Safety of Life at Sea.

IMO(1997). International Convention for the Prevention of the Pollution from ths Ships.

International Shipping News(01.03.2019). Seaborne Trade Outlook - The Energy Transition

Jens PH, Johan K, Flemming B, Jens G, Michael P and Chris U(2014). Reduction of SOx, NOx and Particulate Matters from Ships with Diesel Engines, ISBN No. 978-87-93026-57-5, 7.

Kim BC, Yeo IS, Park CG and Park BH(2019). Current and Future Trend : Development of Water Treatment System on Ship, Korean Industrial Chemistry News, 22(5), 20.

Kim WR, Jo YM, Lee HS and Oh SW(2015). Study on Purification and Extraction of Nitrate Salts from Waste Scrubbing Liquid of De-SOx/De-NOx, Journal of Korean Oil Chemists' Society, 32(1), 48. https://dx.doi.org/10.12925/jkocs.2015.31.1.48

KMI(2020). IMO International Maritime Policy Trend, 38, 2~3.

Lee SY, Kim YD and An KM(2019). A Study on the Financial Structure Effect and Business Analysis of Ocean Shipping Companies, Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research, 43(4), 265. https://doi.org/10.5394/KINPR.2019.43.4.264

Maritime Korea(2019), Expanding the Ban on Discharging of Washwater and Competitiveness of Open-loop Scrubber, 102-103.

Maritime Korea(2019). The Number of Ports that prohibit the Use of Open-loop Scrubber will increase, 118~119.

Mo YD and Sung GH(2014). A Structural Analysis of the Marine Environment Protection Clauses under UNCLOS, The Korean Journal of International Lawort Economic Association, 59(4), 144.

Song GE and Han CH(2007). A Study on the Strategies for the Reduction of Port Pollution, Journal of Korea Port Economic Association, 23(1), 96~97.

UN(1982). United Nations Conventions on the Law of the Sea, Article 194.

• Received : 28 June, 2021
• Revised : 20 July, 2021
• Accepted : 26 July, 2021