

선박연료유의 정제처리 및 첨가제 혼합에 따른 물리·화학적 특성 변화에 관한 연구

한원희*, 남정길**, 이돈출**, 박정대***, 강대선***

*, ** 목포해양대학교 기관시스템공학부

*** 한국선박검사기술협회 기술연구팀

A Study on the Variation of Physical & chemical Properties with Refining treatment and Additive mixture for Marine Fuel Oil

Won-Hui Han*, Jeong-Gil Nam**, Don-Chool Lee**, Jeong-Dae Park*** and Dae-Sun Kang***

*, ** Division of Marine Engineering System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

*** Technical Research Team, Korean Society of Ship Inspection & Technology, Incheon, 406-130, Korea

요약 : 최근 국제 유가의 상승으로 인한 선박 운용비를 절감하기 위하여 중소형 선박에서도 저질연료유의 사용이 검토되고 있는 추세이다. 이 연구에서는 현재 중소형 선박에서 연료유로 사용중인 경유와 중유MF380을 혼합하여 소형선박에 사용이 가능하도록 제조한 혼합연료유인 MF30 연료유에 대하여 그 물리·화학적 특성을 분석하고 정제처리 및 연료유첨가제 효과에 대해 알아보았다. 연구 결과 두가지 전처리 방식인 원심식청정기와 가열 및 균질 방식(M.C.H)의 효과는 다소 미약하였지만, 유동점과 인화점은 다소 낮아졌다. 연료유첨가제로 인한 개질 효과는 뚜렷이 나타나지 않았다.

핵심용어 : 저질연료유, 경유, 원심식청정기, 가열 및 균질화, 연료유첨가제

ABSTRACT : Recently it is a tendency that the use of the heavy fuel oil is investigated even from the middle&small class vessel in order to reduce the operating cost of vessel caused by with rise of international gas price . In this study, analyzed the physical & chemical properties and examined the effect of refining treatment and a fuel oil additive for MF30 fuel oil which is a mixture fuel oil mixed M.G.O and the heavy oil MF380 use to be possible in the middle&small class vessel. As a results, the effects of two of pre-refinery treatment methods as centrifugal purifier and heating & homogenizing system(M.C.H) are some feeble, but the pour point and the flash point came to be low more or less. The effect of property improvement which is caused by with the fuel oil additive did not appear positively.

KEY WORDS : Heavy Fuel Oil(H.F.O), Marine Gas Oil(M.G.O), Centrifugal Purifier, Heating & Homogenizing,, Fuel Additive

1. 서론

원유가격의 상승과 경쟁력을 갖기 위한 방안으로 대형선박에서는 점점 저질화 된 연료유를 사용 중이다. 그러나 저질중유는 비중이나 점도, 연소점 등의 연료유 특성이 급격히 떨어져 정제처리하지 않은 상태에서는 엔진에 바로 사용하기 어렵다. 따라서 대부분의 대형 선박에서는 연료유를 바로 기관 연소에 사용하지 않고 원심식청정기 등과 같은 전처리를 통하여 보다 질을 향상시켜서 기관연소에 사용한다. 최근에는 기존에너지의 유효이용과 경질유의 수요증가 및 정유법의 개량으로 선박에 사용되는 연료유는 더욱 저질화 되어가고 있으며

석유에너지의 공급사정에 따라 석유가격이 상승하면 연료유의 초저질화는 심화 될 것으로 예상된다.[1] 이러한 석유가격 상승에 의한 연료유의 저질화는 대형선박보다 중소형 선박에서 더욱 심화 될 것이다. 대형선박의 경우에는 원심청정장치로 한차례 청정과정을 거치지만 중소형 선박에는 청정장치가 없으므로 저질유를 그대로 사용할 수밖에 없다. 경질유를 주로 사용하는 중소형 선박은 연료유가 저질화 되면 기관에 많은 장애와 고장 등이 발생할 수밖에 없다. 저질연료유의 사용에 의한 연구는 대형기관에서는 이미 보편화되어 있으며, 최근에는 중소형 기관에서도 저질유 사용이 검토되고 있다[2,3]. 저질유를 보다 질적으로 향상시킬 수 있는 방법은 보편적으로 연료유첨가제를 사용하거나[4,5] 청정하여 정제처리하는 방법이 이용된다[6,7].

* 대표저자 : 종신회원, winhan@mmu.ac.kr, 061)240-7239

이 연구에서는 현재 중소형 선박에서 연료유로 사용중인 경유(MGO)와 중유MF380을 혼합하여 소형선박에 사용이 가능하도록 제조한 혼합연료유인 MF30급 연료유에 대하여 원심식청정기(Purifier)와 가열 및 균질화(Homogenizing)가 가능한 Mixing Clean Heater(M.C.H)를 통하여 정제한 후 그 물리·화학적 특성을 분석하고 정제처리 및 연료유첨가제 효과에 대해 알아보았다.

2. 실험재료 및 시험법

2.1 시료유 및 첨가제

시험에 사용된 시료유는 총 14가지이다. 경유와 중유를 혼합한 원 시료인 MF30 연료유를 Purifier 또는 M.C.H를 통하여 정제한 후 연료첨가제를 첨가한 시료 12종류를 각각 TSA1, TSA2, TSA3, TSA4, TSA5, TSA6, TSA7, TSA8, TSA9, TSA10, TSA11, TSA12라고 하였고, 정제전의 시료 중 경유를 TSB1, 그리고 MF30을 TSB2로 하였다.

연료유에 첨가하는 중유첨가제는 일반적으로 조연제(助燃劑)라고 부르는데 연소촉매, 방식 및 방식케일형, 슬러지 분산제, 유화제, 및 수분리제 등이 있다[7]. 이들의 성분 가운데 유기금속과 분산제 및 유화제는 같이 배합하여 상품화하는 경우가 많으며 다기능형 중유첨가제로 부르는 경우가 있다.

시료유의 제조에 사용된 첨가제는 국내에서 생산되는 것으로 성분 및 시험 성적 결과에 의하면 연소촉진효과 및 슬러지 분산효과가 있는 다목적 첨가제이다. 국내 H사의 제품을 첨가제 A, S사의 제품을 첨가제 B, 그리고 W사의 제품을 첨가제 C 라고 분류하였다.

2.2 시료유의 조제 특성

총 14가지 시료유에 대한 조제 특성을 표1에 나타내었다.

2.3 시험종류 및 방법

1) 비중(Specific gravity)

연료유의 대표적인 물리적 특성을 나타내는 비중은 표준기압 하에서 4℃의 물의 질량에 대한 비교치로서 통상적으로 같은 장소에서의 무게비로 결정된다. 일반적으로 15℃에서 측정된 값은 증류연료인 경질유는 0.7~0.9, 잔사유 등의 중질유는 0.9~1.0 정도를 나타낸다. 이 연구에서는 KSM2001에 의거하여 비중을 시험하였다.

2) 동점도(Kinematic viscosity)

기름의 점도는 온도 증가와 함께 급속하게 감소하는 그 자체의 유동에 대한 저항의 척도로서 연료유의 물리적 특성을 나타내는 기본적인 척도이다. 선박 연료유의 특성을 나타내는 단위는 대부분 센티스토크스(1cSt=1mm²/sec)로 측정된 동점도에 기초하여 국제적으로 거래되고 있으며 점도를 인용할 때

그것이 결정되는 온도를 함께 표시하여야 한다. 이 연구에서는 KSM2014에 의거하여 25℃, 50℃ 그리고 75℃에서 동점도를 시험하였다.

Table 1. Characteristics of Test Sample Oils

No.	Test Samples	Refining method	Fuel Additive	Remark
1	TSA 1	Purifier	-	MF30
2	TSA 2	"	A	"
3	TSA 3	"	B	"
4	TSA 4	"	C	"
5	TSA 5	M.C.H	-	"
6	TSA 6	"	A	"
7	TSA 7	"	B	"
8	TSA 8	"	C	"
9	TSA 9	Tandem	-	"
10	TSA10	"	A	"
11	TSA11	"	B	"
12	TSA12	"	C	"
13	TSB 1	-	-	M.G.O
14	TSB 2	-	-	MF30

3) 유동점(Pour point)

유동점은 기름이 유체로 남아있는 가장 낮은 온도이며 따라서 선내에서 취급목적을 위하여 알고 있는 것이 중요하다. 통상 응고점 또는 기름이 고체로 남아 있는 가장 높은 온도보다 약 3℃정도 높은 온도이다. 일반적으로 경질유등의 증류연료유는 6℃ 이하, 중질유등의 잔사연료유는 최고 30℃ 이하까지 허용되고 있다. 이 연구에서는 KSM2016에 의거하여 유동점을 시험하였다.

4) 인화점(Flash point)

인화점은 기름이 연소할 수 있는 증기를 방출하는 가장 낮은 온도, 또는 공기/기름 증기 혼합이 화염 또는 불꽃에 의해 점화할 수 있는 가장 낮은 온도로서 정의되고 있다. 보통 중질유는 60℃ 이상을 나타내며 인화점이 낮을수록 경질유에 가까운 양질의 연료로 간주 될 수 있다. 이 연구에서 사용한 시험방법은 KSM2010에 의거하였다.

5) 수분(Water content)

물은 연료분사장치에 심각한 손상을 줄 수 있고 불충분한 연소를 일으킬 뿐만 아니라 과도한 실린더 라이너 마모를 초래할 수 있다. 이 연구에서는 KSM9030에 의거하여 수분함량을 시험하였다.

6) 황분(Sulfur content)

일반적으로 경질유등의 증류연료유는 최대 2.0% 이하, 중질

유등의 잔사연료유는 최대 3.5~4.5%이하의 황분을 함유하고 있다. 이 연구에서 사용한 황분의 시험방법은 KSM2027에 의거하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 비중(15/4℃)

비중 시험방법은 KSM2001에 의거하였고, TSB2와 정제 후 첨가제를 첨가한 시료유 12종류를 포함하여 총 13종류를 분석하였다.

Fig. 1은 15℃에서 각 시료의 비중을 측정한 그래프이다. 정제 전 시료인 TSB2가 0.9243으로 나타났고, 정제 후 시료인 TSA1이 0.9187로 가장 낮은 수치를 보인 반면 TSA9, TSA10, TSA11 3종류가 동일하게 가장 높은 수치인 0.9283을 나타내었다. 그 외 TSA2, 3, 4, 5, 6, 7, 8은 모두 동일한 수치인 0.9227을 나타내었다. 이 결과를 살펴보면 정제 전 MF30 연료유가 Purifier와 M.C.H.를 거치면서 비중이 소폭 감소하였고, 이것은 슬러지분 등의 제거 및 미립화로 인한 효과로 판단되어 연료유 개질(改質)에 긍정적으로 작용할 수 있다고 사료된다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4와 M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8이 거의 동일한 수치로 나타나고 있어서 두 가지 방법에 의한 연료유 개질 효과는 뚜렷한 차이가 나지 않는 것으로 판단된다. 그러나 Tandem 정제 시료유인 TSA9, TSA10, TSA11 및 TSA12에서는 비중값이 정제 전 시료인 TSB2보다 높게 나타나 오히려 역효과를 나타내는 것으로 판단된다.

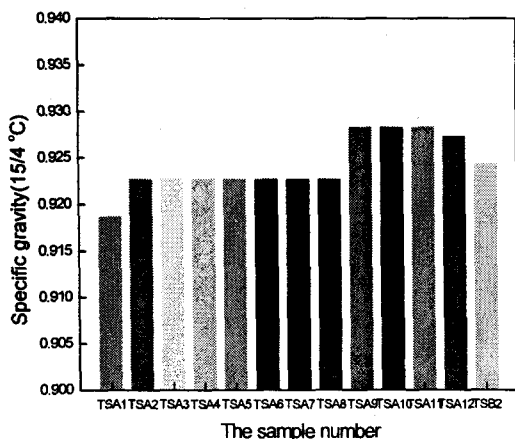


Fig. 1. Test results of specific gravity (15/4℃).

첨가제에 의한 효과는 TSA1보다 첨가제 첨가 후 시료인 TSA2, 3, 4가 비중이 다소 높게 나타나고, TSA5와 TSA6, 7, 8은 동일한 비중값을 보이고 있으며 TSA9와 TSA10, 11, 12도 역시 동일하거나 비슷한 값을 나타내고 있으므로

비중의 감소로 인해 판단되는 첨가제의 연료유 개질 효과는 뚜렷하지 않다고 판단된다. 다만, TSA9에 비해 TSA12의 비중이 소폭 감소한 것으로 나타나므로 첨가제 C의 효과는 다른 첨가제에 비해 상대적으로 우수하다고 판단된다.

3.2 25℃에서의 동점도

이 시험에서는 통상적으로 상온으로 간주되는 25℃에서의 동점도를 시험하였다. 시험방법은 KSM2014에 의거하였으며, 시료유는 TSB2와 정제 후 첨가제를 첨가한 시료유 12종류를 포함하여 총 13종류를 분석하였다.

Fig. 2는 25℃에서의 동점도 시험 결과를 나타내고 있다. 정제 전 시료인 TSB2가 가장 낮은 수치인 98.03으로 나타났고, Purifier와 M.C.H.로 정제한 시료유에 첨가제 B를 혼합한 시료인 TSA11 141.7로 가장 높은 값을 보이고 있다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4가 104.2~110.1로 비슷한 값을 보이고, M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8이 95.84~99.44로 가장 낮은 수준을 나타내었다. 따라서 상온인 25℃에서는 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 뚜렷하지 않으며, 오히려 Tandem 시료유 TSA9, 10, 11, 12에서는 동점도가 증가하는 것으로 나타나 역효과를 나타내는 것으로 판단된다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4 시험값과 M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8 시험값을 비교하여 보면, TSA5, 6, 7, 8이 다소 낮은 수치를 보이고 있어 M.C.H.에 의한 효과가 다소 우수한 것으로 판단된다.

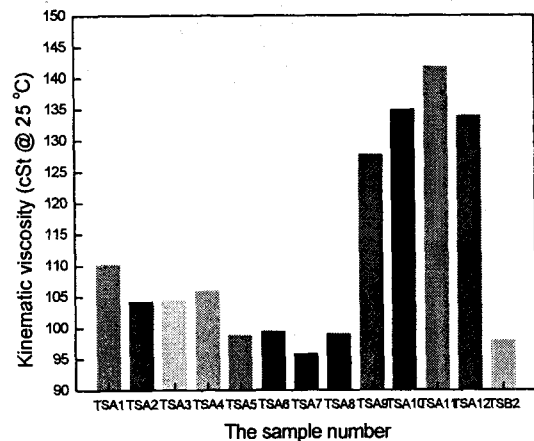


Fig. 2. Test results of kinematic viscosity at 25℃.

첨가제에 의한 효과는 TSA1보다 첨가제 첨가 후 시료인 TSA2, 3, 4가 다소 낮은 수치를 나타내고 있는 반면, TSA5에 비해 TSA6, 7, 8은 비슷한 양상을 보이고 있어서 Purifier 정제유에서는 효과가 있지만, M.C.H. 정제유에서는 효과가 나타나지 않았다. 특히 TSA9에 비하여 TSA10, 11, 12에서는 동점도가 뚜렷하게 상승하고 있으므로 Tandem 정제한 연료

유에서는 첨가제 효과 또한 역효과를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

3.3 50°C에서의 동점도

일반적으로 잔사연료유의 동점도는 50°C에서 측정한 센티스토크스 값을 기준으로 하여 고온 및 저온에서의 점도를 계산하여 사용한다.

Fig. 3은 50°C에서의 동점도 시험 결과를 나타내고 있다. 정제 전 시료인 TSB2가 가장 낮은 수치인 28.90으로 나타났고, Purifier와 M.C.H.로 정제한 시료유에 첨가제 B를 혼합한 시료인 TSA11 38.67로 가장 높은 값을 보이고 있다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4가 29.64~30.90로 비슷한 값을 보이고, M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8이 28.96~29.79로 또한 비슷한 양상을 나타내었다. 따라서 상온인 50°C에서도 앞서 25°C인 경우와 마찬가지로 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 뚜렷하지 않으며, 오히려 Tandem 정제유인 TSA9, TSA10, TSA11 및 TSA12에서는 동점도가 증가하는 것으로 나타나 역효과를 나타내는 것으로 판단된다.

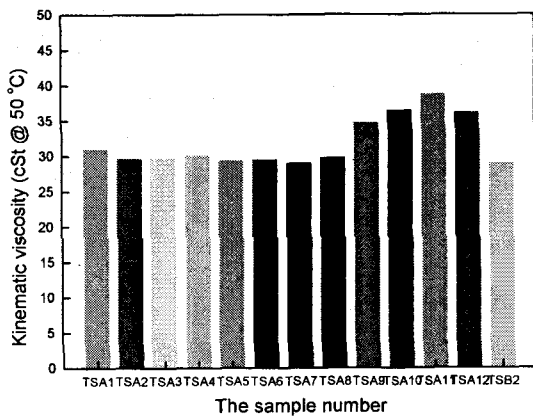


Fig. 3. Test results of kinematic viscosity at 50°C.

또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4 시험값과 M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8 시험값 모두 비슷한 값을 보이고 있으므로 두 가지 방법에 의한 연료유 개질 효과는 뚜렷한 차이가 나지 않는 것으로 판단된다.

첨가제에 의한 효과는 TSA1, 2, 3, 4가 모두 비슷한 수치를 나타내고, TSA5, 6, 7, 8 또한 비슷한 양상을 보이고 있어서 Purifier 정제유 및 M.C.H. 정제유에서 그 효과가 미미한 것으로 판단된다. 하지만 TSA9에 비하여 TSA10, 11, 12에서는 동점도가 상승하고 있으므로 Tandem 정제유에서는 25°C인 경우와 동일하게 첨가제 효과 또한 역효과를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

3.4 75°C에서의 동점도

일반적으로 디젤기관에 적합한 연료유의 분사점도는 8~27cSt 정도로 규정된다. 따라서 시료유인 MF30 연료유의 경우에 약 75°C 정도로 가열하면 대체로 분사에 적합한 동점도를 얻을 수 있다. 이 시험에서는 분사에 적합한 동점도를 얻을 수 있는 온도인 75°C에서 시료유의 동점도를 분석하였다. 시험방법은 25°C 및 50°C인 경우와 동일한 KSM2014에 의거하였으며, 시료유는 TSB2와 정제 후 첨가제를 첨가한 시료유 12종류를 포함하여 총 13종류를 분석하였다.

Fig. 4는 75°C에서의 동점도 시험 결과를 나타내고 있다. 정제 전 시료인 TSB2가 가장 낮은 수치인 12.61으로 나타났고, Purifier와 M.C.H.로 정제한 시료유에 첨가제 B를 혼합한 시료인 TSA11 15.91로 가장 높은 값을 보이고 있다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4가 13.10~13.62, M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8이 12.94~13.16으로 모두 비슷한 수치를 나타내었지만, 정제 전 시료인 TSB2보다는 다소 높은 값을 나타내었다.

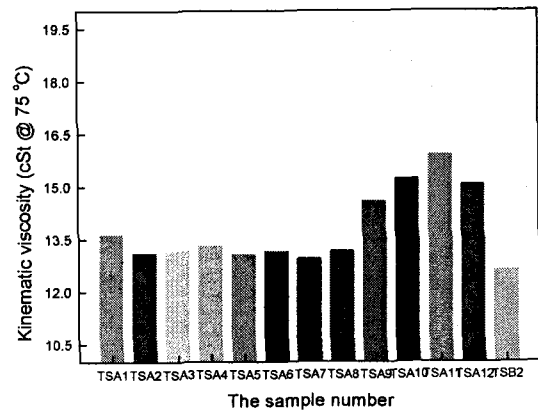


Fig. 4. Test results of kinematic viscosity at 75°C.

따라서 분사온도인 75°C에서도 앞서 25°C 및 50°C인 경우와 마찬가지로 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 뚜렷하지 않으며, Tandem 정제유인 TSA9, TSA10, TSA11 및 TSA12에서는 동점도가 증가하는 것으로 나타나 오히려 역효과를 나타내는 것으로 판단된다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4 시험값과 M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8 시험값 모두 비슷한 값을 보이고 있으므로 두 가지 방법에 의한 연료유 개질 효과는 뚜렷한 차이가 나지 않는 것으로 판단된다.

첨가제에 의한 효과는 TSA1, 2, 3, 4가 모두 비슷한 수치를 나타내고, TSA5, 6, 7, 8도 또한 비슷한 양상을 보이고 있어서 앞서 25°C 및 50°C인 경우와 마찬가지로 Purifier 정제유 및 M.C.H. 정제유에서 그 효과가 미미한 것으로 판단된다. 하지만 TSA9에 비하여 TSA10, 11, 12에서는 동점도가 상승하

고 있으므로 Tandem 정제유에서는 25℃ 및 50℃인 경우와 동일하게 첨가제 효과 또한 역효과를 나타내고 있는 것으로 판단된다.

3.5 온도에 따른 동점도의 변화 경향

Fig. 5는 각 시료의 온도에 따른 동점도의 변화를 나타낸 그래프로 13종류의 시료에 대한 세 가지 시험온도(25℃, 50℃, 75℃)에서의 동점도의 변화추이를 보여주고 있다.

25℃인 경우를 살펴보면 TSA1부터 TSA8까지는 점차 낮아지는 경향을 보이다가 두가지 정제유를 혼합한 TSA9에서 급격히 상승하고 있으며 TSA12에서 다소 감소되는 경향을 나타내고 있다. 따라서 전술한 바와 같이 상온인 25℃에서는 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 뚜렷하지 않지만, 두가지 정제방법 중에서는 M.C.H.에 의한 효과가 다소 우세한 것으로 판단된다. 또한 Tandem 정제유인 TSA9, 10, 11, 12에서는 혼합에 의한 역효과가 나타난다고 판단된다. 이러한 경향은 50℃인 경우와 75℃인 경우에서도 비슷하게 나타나고 있는데 정제 방법에 의한 효과는 두 가지 모두 비슷하게 나타났다. 시료 TSA9~12에서와 같이 두 가지 정제 방법을 혼합한 연료유에서 나타나는 역효과는 온도가 올라갈수록 감소하는 경향을 나타냈고, 특히 75℃에서는 두드러지게 감소하였다.

첨가제 첨가로 인한 효과는 뚜렷하게 나타나고 있지만, 두 가지 정제유를 혼합한 경우에는 첨가제 첨가시 오히려 동점도가 증가하는 역효과를 나타내었다. 다만, 각 시험온도에서 동일하게 TSA10과 TSA11의 동점도보다 TSA12의 동점도가 낮게 나타나고 있으므로 다른 첨가제에 비해 첨가제 C의 역효과는 상대적으로 미약하다고 판단된다.

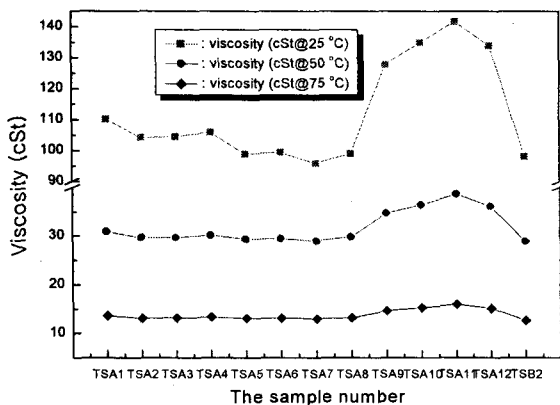


Fig. 5. Variation of viscosity with temperature.

Fig. 6은 각 시료별로 동점도의 변화경향을 나타낸 그래프이다. 13종의 시료 모두 비슷한 변화경향을 나타내고 있는데, 상대적으로 낮은 온도인 25~50℃ 구간에서는 온도의 증가에 따라 동점도의 감소가 급격히 이루어지고 있는 양상이고, 50~75℃ 구간에서는 동점도의 감소율이 완만해지는 경향을 보여주고 있다. 특히 Tandem 정제유인 TSA9, 10, 11, 12에서는 25~50℃ 구간에서 온도 증가에 따른 동점도의 감소율이 다른 시료에 비해 더욱 크게 나타났고, 50~75℃ 구간에서도 다른 시료에 비해 동점도의 감소율이 크게 나타났다.

3.6 유동점 (pour point)

유동점 시험방법은 KSM2016에 의거하였고, 시료유는 TSB2와 정제 후 첨가제를 첨가한 시료유 12종류를 포함하여 총 13종류를 분석하였다.

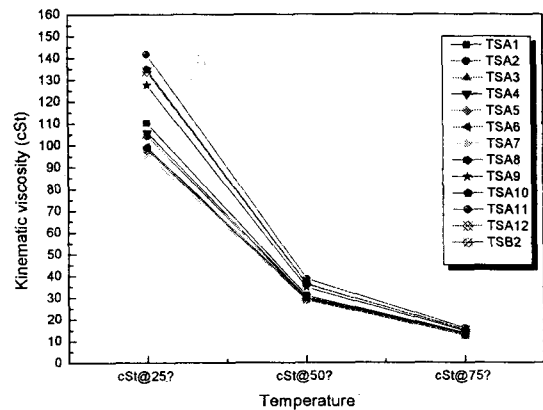


Fig. 6. Comparison of viscosity with temperature.

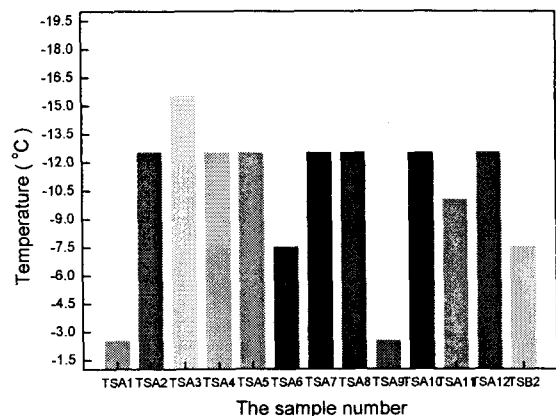


Fig. 7. Test results of pour point.

Fig. 7은 유동점 시험 결과를 정리한 그래프이다. 정제 전 시료인 TSB2가 -7.5℃를 보이고 있고, Purifier 정제유 TSA1과 Purifier 정제 처리 후 M.C.H.로 다시 정제한 시료유인 TSA9이 -2.5℃로 가장 높은 온도, TSA1에 첨가제 B를 첨가한 TSA3이 -15.0℃로 가장 낮은 온도로 나타났다. 가장 높은 온도를 나타낸 TSA1과 TSA9 그리고 정제전과 같은 값을 나타낸 TSA6을 제외한 나머지 시료들은 대체로 2.5~7.5℃ 정도 유동점이 강하하고 있는 것으로 나타나 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 두 가지 정제 방법에서 모두 비슷한 정도로 나타나고 있다고 판단되며, 또한 TSA10, 11, 12에서도 비슷한 수치가 나타나고 있으므로 혼합에 따른 효과 또는 역효과는 없는 것으로 판단된다.

첨가제에 의한 효과는 일관적이지 않고 각각 다른 양상을 보이고 있었다. Purifier 정제유 TSA1에 첨가한 첨가제 A, B, C는 TSA2, 3, 4에서 10.0~12.5℃ 정도의 유동점 강하 효과를 나타낸 반면, M.C.H. 정제유 TSA5에 첨가한 첨가제는 유동점 강하 효과가 없거나 유동점이 증가하는 역효과가 나타났다. 두 가지 정제유의 혼합유에서는 첨가제 A, B, C 모두 7.5~10.0℃ 정도의 유동점 강하 효과가 나타났다. 따라서 유동점 강하에 미치는 첨가제의 효과는 Purifier 정제유 및 혼합 정제유에 한하여 나타나고 있으며 영향력의 차이는 대동소이한 것으로 판단된다.

3.7 인화점 (flash point)

인화점 시험방법은 KSM2010에 의거하였고, 시료유는 TSB2와 정제 후 첨가제를 첨가한 시료유 12종류를 포함하여 총 13종류를 분석하였다.

Fig. 8은 인화점 시험 결과를 정리한 그래프이다. 정제 전 시료인 TSB2가 가장 높은 온도인 142℃를 보이고 있고, Purifier와 정제 후 첨가제A를 첨가한 TSA2와 M.C.H.로 정제한 시료유 TSA5의 인화점이 122℃로 가장 낮은 값을 나타내고 있다. 또한 Purifier 정제유인 TSA1, 2, 3, 4가 122~132℃, M.C.H. 정제유인 TSA5, 6, 7, 8이 122~134℃, Tandem 정제유인 TSA9, 10, 11, 12가 124~140℃로 모두 비슷한 수치를 나타내고 있으며 이것은 정제 전 시료인 TSB2보다 2~20℃ 정도 낮은 온도 분포를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 Purifier와 M.C.H.로 인한 개질 효과는 두 가지 정제 방법에서 모두 비슷한 정도로 나타나고 있다고 판단된다. Tandem 정제유인 TSA9, 10, 11, 12에서는 한 방법으로만 정제한 다른 시료유보다 다소 높은 온도 분포를 보였는데, 다만 첨가제 C를 첨가한 TSA12에서는 혼합정제유가 혼합하지 않은 정제유에 비해 8~10℃ 낮은 온도가 나타났다.

첨가제에 의한 효과는 TSA1, 2, 3, 4가 모두 비슷한 수치를 나타내고, TSA5, 6, 7, 8도 또한 비슷한 양상을 보이고 있어서 그 효과가 미미한 것으로 판단된다. 하지만 첨가제 C를 첨가한 TSA4와 TSA8이 첨가제를 첨가하지 않은 TSA1과 TSA5에 비하여 8~12℃ 높은 온도가 나타나고 있어 첨가제

C의 첨가 효과는 소폭의 역효과를 나타내고 있다.

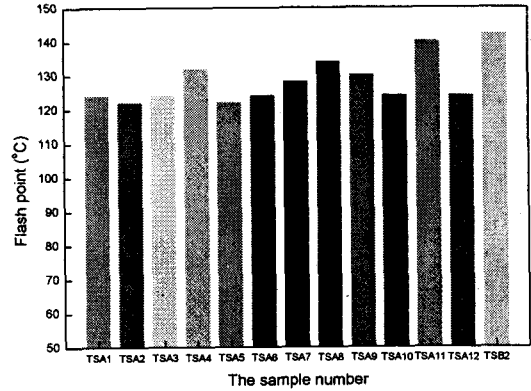


Fig. 8. Test results of flash point.

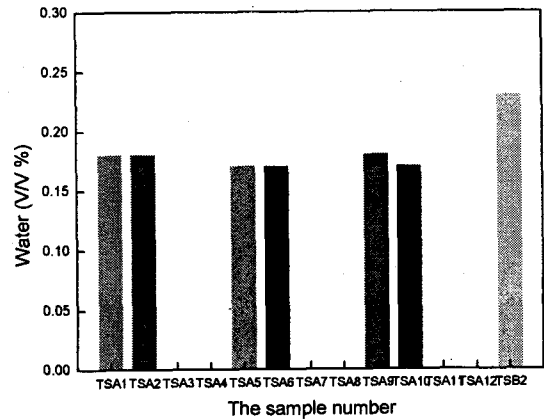


Fig. 9. Test results of water content.

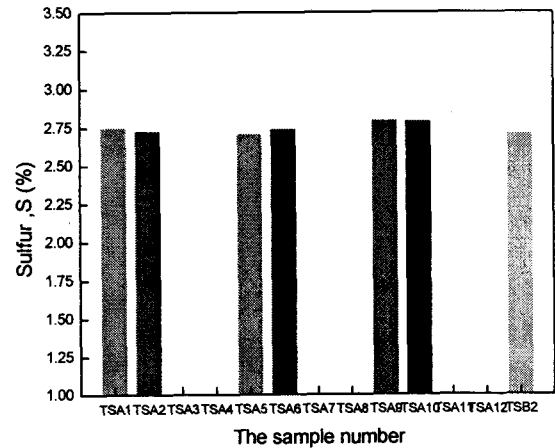


Fig. 10. Test results of sulfur content.

3.8 수분

수분의 시험방법은 KSM9030에 의거하였으며, 시료유는 TSB2와 TSA1, 그리고 TSA1에 첨가제A를 첨가한 TSA2, M.C.H. 정제유인 TSA5, 그리고 TSA5에 첨가제A를 첨가한 TSA6, Tandem 정제유인 TSA9, 그리고 TSA9에 첨가제A를 첨가한 TSA10 등 7종류를 분석하였다. 일반적으로 첨가제의 첨가에 의한 수분의 제거 등은 알려져 있지 않기 때문에 첨가제 B 및 C를 첨가한 시료유는 시험에서 제외하였다.

Fig. 9는 수분 시험 결과를 나타내고 있다. 정제 전 시료유인 TSB2가 0.23%로 가장 높은 값을 나타냈고, 그 외 나머지 시료가 0.17~0.18%의 분포를 보이고 있어 거의 동일하였다. 따라서 Purifier와 M.C.H. 두 가지 정제방법으로 수분은 약 0.05% 정도 제거 효과가 있으며 첨가제의 첨가에 의한 수분 함량 변화는 없는 것으로 판단된다.

3.9 황분

황분의 시험방법은 KSM2027에 의거하였으며, 시료유는 TSA1, 그리고 TSA1에 첨가제A를 첨가한 TSA2, M.C.H. 정제유인 TSA5, 그리고 TSA5에 첨가제A를 첨가한 TSA6, Tandem 정제유인 TSA9, 그리고 TSA9에 첨가제A를 첨가한 TSA10 등 7종류를 분석하였다.

Fig. 10은 황분 시험 결과를 나타내고 있다. 정제 전 시료유인 TSB2가 2.70%로 나타났고, 그 외 나머지 시료가 2.70~2.78%의 분포를 보이고 있어 Purifier와 M.C.H. 두 가지 정제방법 및 첨가제의 첨가에 의한 황분의 성분변화는 없는 것으로 판단된다.

4. 결론

이 논문에서는 경유와 중유MF380을 혼합하여 소형선박에 사용이 가능하도록 제조한 혼합연료유인 MF30을 원심식청정기(Purifier)와 Mixing Clean Heater(M.C.H.)를 통하여 정제한 후 연료첨가제 A, B, C를 첨가한 시료 12종류와 정제 전의 시료인 경유 그리고 MF30을 대상으로 총 14종의 시료에 대하여 물리·화학적 성상을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

연료유 분석에 있어서 대표적인 물리적 성질을 나타내는 비중, 동점도, 유동점, 인화점을 분석한 결과, Purifier 및 M.C.H. 정제를 통한 연료유의 개질(改質) 효과는 유동점과 인화점에 있어서 소폭의 정제 효과가 있었다.

황 성분의 제거 효과는 Purifier 및 M.C.H.에서 모두 나타나지 않았고, 수분의 제거 효과는 두 가지 정제방법의 경우 모두 0.05% 정도의 제거 효과가 있었다.

Purifier와 M.C.H. 복합 처리인 Tandem의 경우에는 연료유의 물리적 성질을 악화시켰고, 연료첨가제를 혼합한 경우에 역효과가 나타났다.

첨가제로 인한 개질 효과는 전체적으로 미미하였다. 다만, 첨가제 A, B, C별 효과는 Purifier 정제유와 M.C.H. 정제유의 대해서 첨가제 B가 다소 양호하였다.

참고 문헌

- [1] CIMAC HFO Working Group, "Recommendations regarding Fuel Quality for Diesel Engines", No.21, 2003.
- [2] 나진홍, 고대권, 안수길, "소형 어선용 디젤기관의 혼합연료유의 연소", 대한 기계 학회 춘추학술대회 제1권 pp.398~402, 1987.
- [3] 고장권, 고태규, "디젤연료로서 혼합유를 사용할 경우의 소형디젤 기관 성능에 관한 연구" 산업기술연구소논문집, Vol.8 No.1, 1997.
- [4] L. Rubino and J. Murray, "The Effects of Oxygenated Fuel Additives on Soot Precursor Formation", SAE 1999-01-3589, 1999.
- [5] N. Miyamoto, H. Ogawa, Md. N. Nabi, K. Obata and T. Arima, "Smokeless, Low NOx, High Thermal Efficiency, and Low Noise Diesel Combustion with Oxygenated Agents as Main Fuel", SAE 980506, 1998
- [6] 전효중, 이돈출, "선박용 디젤엔진 및 가스터빈", 동명사, pp.88~98, 2005.
- [7] 이진열, "유류공학", 효성출판사, pp.133~143, 2000.