

日本 석유제품의 품질과 규격 (8)

3) 기타등유

등유는 상술한 2종류 이외에 세정용, 또는 용제로도 널리 이용되며 페인트나 니스의 용제·살충제·농약유제 등의 용제, 혹은 커트백 아스팔트의 희석제로 이용된다. 이들에 필요한 성상은 각 용도에 따라 적당한 항목에 대하여 규정 할 필요가 있으나 JIS에서는 아직 규정된 규격은 없다. 그러나 소비자측으로부터 방향족계 탄화수소량이나 아닐린점 또는 황산흡수량등 필요성상이 요구되고 있다.

따라서 전술한 공업휘발유규격의 4호(미네랄스피리트)와 5호(크리닝 솔벤트)는 비점범위로 보아 燈油溜分에 포함시켜 참조할 수 있다.

6. 경 유 (Gas Oil)

일반적으로 경유는 비점이 200~370°C의 범위에 있고 등유 다음으로 유출된다. 디젤경유를 대상으로 한 輕油거래세에서는 비중 15/4°C가 0.8017에서 0.8762이하, 90%유출온도가 267°C이상 400°C미만, 잔류탄소분(10%잔유)이 0.2%미만, 인화점이 130°C이하의 탄화수소유를 경유라고 부른다.

용도는 일부기계의 세정용, 가스흡수용, 금속가공유원료등으로 사용되나 거의가(96%) 각종 디젤엔진의 연료로 사용되어 흔히 디젤연료유라고 부르기도 한다. 디젤엔진에는 등유나 중유도 사용되기

때문에 디젤연료 전부가 경유인것은 아니다. 디젤엔진의 형식에 따라 연료도 다르다. 그 상이점을 <표 23>에 표시했다.

본고에서는 고속디젤엔진과 일부 사용되는 燒玉엔진에 사용되는 경유에 대해 설명한다. 우선 디젤엔진에 대해 설명한다. 우선 디젤엔진에 대해 간단히 설명하자면 디젤엔진은 1892년 독일의 루돌프·디젤博士(Dr Rudolph Diesel)가 발명한 내연기관으로 최초 디젤엔진의 연료로 粉狀石炭(粉炭)이 사용되었으나, 1897년에 석유를 연료로 사용하기 시작했다.

이 엔진은 연소실내의 흡입공기를 고압축비로 압축하여, 압축공기의 온도를 연료의 자연발화온도 이상으로 하여 여기에 연료를 분사시켜 연소하는 방식이다. 가솔린엔진의 전기착화식에 비해 이것은 압축착화엔진(Compression Ignition Engine)이라고 하는 것이 합리적인 명칭이라 생각되나 일반적으로 디젤엔진이라고 한다.

1920년대까지는 엔진이 초대형으로 피스톤직경이 250~500m/m, 회전속도도 고작 50~300rpm, 연료도 여러 석유제품이 사용되었다. 그러나 출력은 대단히 커서 대형선박이나 高荷重용의 동력원으로 이용되었다. 1930년대에 들어서 엔진의 소형화에 성공하여 기관차용엔진, 또는 트럭·버스·트랙터등의 엔진으로 사용되어 고속화과 더불어 연료도

〈표 23〉

디젤燃料의 各種 規格과 名稱對照表

JIS의 명칭	特 3, 3.2, 1, 特1 號경유	1 種중유	2 種중유	3種중유 1호	3種중유 2호	3種중유 3호
JIS의 점도규격 (cSt)	>1.8~>2.7(30°C)	<20 (50°C)	<50 (50°C)	<250 (50°C)	<400 (50°C)	400~1000 (50°C)
ASTM	No. 1 + No. 2	No. 4	No. 5	No. 6		
미국規格의 名稱 PS	PS110 + PS200	PS 300			PS400	
영국規格의 名稱	BS 1 class A	BS 1 class B	BS class 3-C	BS class 2-D		
日本の 慣用名稱	경 유	A 중유	B중유	C중유		
外國의 慣用 (미국1)	gas oil + Diesel oil	bunker A	bunker B	bunker C		
(미국2)		light fuel oil		heavy fuel oil		
유럽		light marine fuel oil	medium marine fuel oil	heavy marine fuel oil		
일반적 명칭	Diesel oil	boiler fuel oil, bunker fuel oil or marine fuel oil				
사용기관 的 種류	高速디젤機關	中速디젤기관			低速디젤기관	

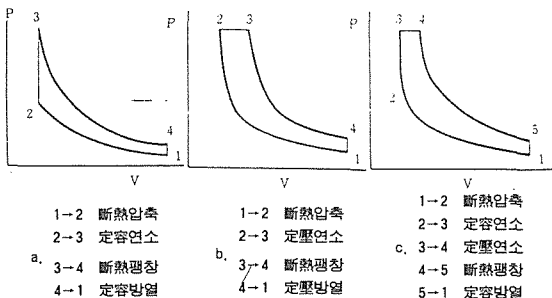
註 : JIS는 일본공업규격으로, 디젤燃料은 JIS K 2204(경유)와 2205(重油)가 있다. PS : Pacific Specification, BS : British Standard

특정품질이 사용되게 됐다. 그 결과 저속에서 고속에 이르기까지 다양한 형식이나 마력을 가진 엔진이 다수 만들어졌다. 그러나 휘발유엔진에 비하면 회전수는 극히 적어, 50~2,500rpm 정도이다. 그래서 일반적으로 500rpm 이하의 엔진을 저속엔진, 1,200rpm 이상을 고속엔진, 그 중간을 중속엔진으로 구별하고 있다. 저속엔진은 보통 대형선박이나 定置形의 큰 동력원으로 사용되고, 중속엔진은 선박과 기관차용으로, 고속엔진은 자동차용으로 주로 사용된다.

디젤엔진과 휘발유엔진의 차이점을 이해하기 위해서는 엔진사이클에 관한 개념을 아는 것이 가장 중요하다. 엔진사이클은 다음의 3종류가 있다(그림 17 참조)

〈그림 17〉 엔진의 사이클

- a. 오토사이클 (Otto Cycle) 爆發사이클, 定容사이클
- b. 디젤사이클 (Diesel Cycle) 燃燒사이클, 定壓사이클
- c. 사바테 사이클 (Sabathe Cycle) 混合사이클



가솔린엔진이 전기점화식임에 비해 디젤엔진은 압축착화식이고, 전자는 기화기를 통해 실린더로 들어 오기전에 가연혼합기를 만드는 것에 비해 후자는 연료분사기에 의해 실린더내에서 가연혼합기를 만드는 차이가 있다. 이 실린더내에 들어온 공기를 압축함으로써 압축열이 발생하고, 그 열에 의해 분사된 연료가 연소하는 기구가 디젤엔진의 최대 특징이다. 이때 압축압력은 보통 28~50kg/cm²로 고압이고 압축열은 540°C 이상이 된다.

이 온도는 디젤연료가 충분히 자연발화할 수 있는 온도이다. 또한 디젤엔진의 압축비는 압축공정에서 공기만을 압축하기 때문에 엔진구조상 허용할 수 있는 점까지 높아지므로 보통 12 : 1~18 : 1의 범위이다.

디젤엔진은 그 기본구조에서 가솔린엔진에 비해 많은 장점이 있다. 즉,

①연료의 경제성 : 디젤엔진은 定壓熱燒로써, 압축비는 오토사이클의 6~10에 비해 12~18로 현저히 높고, 열효율도 상당히 높아 연료소비량은 20% 이상 유리하다. 또한 일본에서는 휘발유와 경유의 가격차이가 심해 경제적인 인점이 있다.

②연료의 적응성이 넓다 : 디젤연료는 휘발유에 비해 요구성상이 까다롭지 않다. 디젤엔진은 연료가 각 실린더에 펌프로 定量·정기적으로 분사되기 때문에 연소가 일정하며 부하와 회전수에 따른 변화에

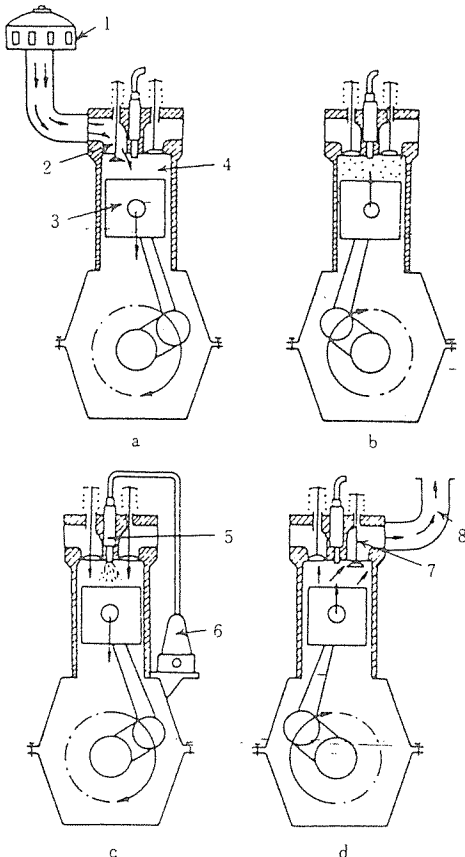
잘 적응한다.

③인화의 위험이 적다 : 디젤연료의 인화점은 많게는 50°C를 넘는다. 휘발유의 인화점(-20c 이하)에 비하여 취급상 매우 안전하다.

④토크(torque)가 크다

⑤고장이 적다 : 가솔린엔진에서 가장 고장이 많은 것이 기화기와 전기점화장치이나, 디젤엔진은 그러한 장치가 없다. 연료분사장치는 정밀한 장치이나 올바른 취급을 한다면 고장이 적다.

<그림 18> 사이클디젤기관의 작동원리



a 흡기행정 (1吸入空氣淨器 2吸氣口 3피스톤 4 실린더) b 壓縮行程
c 팽창행정 (5 燃料噴射口 6 연료분사펌프) d 배기행정 (7 排氣口 8 배기관)

이상과 같은 장점이 있으나 반면에 다음과 같은 결점도 있다.

①엔진이 복잡하고 값이 비싸다.

②운전시 소음이 크다.

③發煙가 녹크를 일으키기 쉽다.

④진동이 많다.

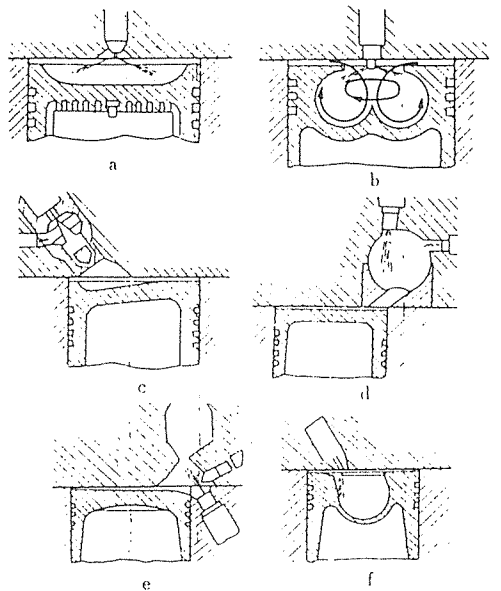
⑤오일汚損이 심하다.

⑥정비가 어렵다.

실제의 디젤엔진은 구조상 다양한 형식이 있다. 휘발유엔진과 같은, 2사이클엔진(Two-Stroke Cycle Engine) 즉, 2행정 - (1) 공기흡입 · 압축 · 연료분사, (2) 팽창 · 배기 - 으로 1사이클을 완료하는 형식과, 4사이클엔진(Four-Stroke Cycle Engine) 즉, 4행정 - (1) 공기흡입, (2) 압축 · 연료분사, (3) 팽창, (4) 배기 - 으로 1사이클을 완료하는 형식이 있다. <그림 18>에 4사이클엔진을 나타냈다. 대형디젤엔진의 대부분이 2사이클 이고, 소형자동차엔진은 4사이클이다.

그 밖에 급유방식의 차이에 따라 여러 형식이 있다. <그림 19>에 디젤엔진의 각종연소실의 예를 들었다. 직접분사식과 예연소실이 가장 많이 사용되고 있다.

<그림 19> 디젤기관의 각종연소실의 예



a, b 직접분사식 c 予燃室式 d 渦流室式 e 空氣室式 fMAN-II식

전자는 열손실이 적고 착화지연이 적기 때문에 기동이 용이하고 회전이 원활하는등의 이점이 있으나 공기와 연료의 혼합이 불완전 되기 쉽다. 연료로 적

합한 미립화와 관철력을 주도록 높은 분사력이 필요하며, 연료펌프가 복잡하여 더욱 정교한 것이 필요하는 등의 결점도 있어, 일반적으로 저속대형엔진에 적당하다. 후자는 예연소실에 분사된 연료가 일부연소되어 발생한 고온고압의 미연소가스를 주연소실로 분출한 것으로 공기와 연료의 혼합이 좋고, 연료펌프의 분사압력은 낮아도 문제없고, 연소도 원활히 행해지는 잇점이 있으나, 반면에 예연소실 내의 잔류가스 때문에 排氣效率이 나빠, 냉각면적이 넓어 손실이 크고 실린더헤드의 구조가 복잡하다는 등의 결점이 있다. 이 방식은 자동차엔진과 같은 고속엔진에 폭넓게 사용되고 있다.

輕油가 디젤연료유로 사용되는 것은 고속디젤엔진용으로 쓰고 있다. 디젤엔진의 연료에 대한 요구는 여러가지가 있으나,

- ①엔진에 필요한 착화성을 지닐것.
- ②사용온도에서 적당한 점도와 휘발성을 유지할 것.
- ③협잡물, 부식성분이 없을 것.
- ④연소생성물질중에 고체상미립자가 적을것.
- ⑤왁스의 석출온도, 유동점이 낮고, 저온에서 펌프 작동이 좋을 것.

등이 있다. 이하에서는 이들에 대한 개략적인 설명을 한다.

(1) 연소과정과 디젤녹크(Combustion Process & Diesel Knock)

엔진내에서 연료의 연소과정은 다음과 같다. 실린더내에서 분사된 연료는 전부 착화되지 않고 착화하기까지 시간적인 갭이 있다. 즉 분사된 연료가霧狀의 상태로 가열되어, 기화·분해 또는 부분적인 산화를 일으켜서, 착화에 도달하기까지의 시간으로 소위 착화지연(Ignition Lag)의 기간이다. 그리고 착화한후 연소는 실린더내에서 순간적으로 전달되나 이 시기는 엔진의 구조나 연료분사량의 조절에 의해 억제할 수 없는 연소과정이다. 그후 계속해서 분사되는 새로운 연료가 연소하는 제3기에 돌입하나, 이 기간의 연소는 연료의 분사량 연료의 품질, 분사구멍의 크기, 실린더의 구조등을 조절하는 것으로 억제할 수 있는 연소과정이다. 다음으로 분사가 끝났어도 실린더내의 연료가 전부 연소되기까지 연소가

계속되면 연소가 끝나고 배기공정으로 들어간다.

이상의 연소과정에서, 착화지연이 너무 긴 경우 그후 연소시 이상을 일으키므로 녹킹을 일으키기도 한다. 이것을 디젤녹킹이라 한다. 그 원인은 압축된 고온의 공기중에 연료가 분사되면, 실린더 가운데의 연료량이 많아지게 되므로 이것이 일시에 연소하면 급격한 팽창과 고열이 발생하여 피스톤이 심한 충격을 받는다. 이 점에서 휘발유엔진의 녹킹과는 원인이 다르다. 디젤녹킹은 착화지연에 의한 것이므로 분사각도(Timing), 실린더내의 압력과 온도, 연료의 성상에 관계한다.

이 착화지연을 단축시켜 디젤녹킹을 방지하는 것은, 다음과 같은 방법으로 한다.

- ①연료의 세탄가를 향상시켜 착화성을 좋게 한다.
- ②흡입공기온도를 높인다.
- ③냉각계통의 온도를 높인다.
- ④연료분사량과 시기를 조절한다.
- ⑤실린더내에서의 공기와 기름입자의 유속을 높인다.

(2) 착화성(Ignition Quality)

연료의 착화성이 실린더내에서 착화지연과 깊은 관계가 있다는 것은 앞에서 말했으나, 착화성은 성분적으로 보아 노말(正) 파라핀탄화수소가 가장 좋고, 올레핀, 나프텐, 이소파라핀, 방향족의 순으로 나쁘다.

이 착화성은 세탄가로 평가하는 것은 제2章의「세탄가」의 항목에서 설명했으나, 고속디젤엔진의 연료유로는 이 세탄가는 40~60의 것이 요구된다. 이것은 重油를 연료로 하는 저속디젤엔진 이라면 25정도면 충분하다.

일반적으로 직류경유는 노말(正) 파라핀이나 나프텐분을 다량 함유하고 있고, 분해경유는 올레핀과 방향족이 많기 때문에 직류경유가 디젤연료로 적합하다. 日本에서 시판되는 제품의 거의가 직류경유로 세탄가 55 전후이다.

세탄價가 너무 높으면 노말(正) 파라핀 함유량이 많게 되고 비중은 가볍고, 점도도 낮기 때문에 연비가 비싸게 되든가 噴霧의 관철성이 결핍되어(분사구부근에서 미립자가 되어 실린더 내부까지 기름입자

가 이르지 못한다) 오히려 불완전연소를 일으키는 등의 현상이 나타나므로 세탄가는 필요한 만큼이 된다.

세탄가의 측정은 CFR엔진(F-5)에 의해 측정하나 세탄가 대신 세탄지수에 의해 착화성을 평가하는 것이 폭넓게 행해지고 있다.

(3) 휘발성 (Volatility)

디젤연료의 휘발성은 증류성상에서 평가된다. 증류곡선을 그려보아 고비점유분 즉 무거운 탄화수소 분기가 많은 경우 용량당 熱에너지가 큰 출력의 면에서 유리하나, 연소속도가 늦어 분사노즐 주위에 탄소분을 부착시키게 된다.

저비점유분이 많은 경우 용량당 열에너지는 적게 되나, 시동성이 좋고, 실린더內的 오손도 적게 된다. 이런 것들은 엔진의 구조와 성능에 맞추어야 하고 세탄가나 점도와의 관계도 발생하게 되므로 경유의 경우는 증류성상의 10%, 50%는 그다지 문제가 되지 않으며 90%점을 규정하고 있다.

(4) 動粘度 (Kinematic Viscosity)

디젤연료에 있어서 점도도 중요한 성질이며 이것은 분사노즐에 의한 연료의 분무성을 지배하는 원인이다. 앞에서 기술한 것처럼 엔진內的 연소는 연료

의 미립화에서 시작하나, 이 미립자화에는 동점도가 낮은 것이 필요하게 된다. 동시에 噴霧전체의 완전연소를 위해서는 분무의 관철성이 필요하나, 이것은 어느 정도의 점도를 유지하는 것이 요구된다. 또한 연료는 엔진內的 유허기능을 수행해야 하므로 어느 정도의 動粘度는 필요하다. 그러나 경유유분의 경우 다른 성상으로 보아 장애가 되는 만큼 고점도는 고려되지 않기 때문에 JIS에서는 하한을 규정하고 있다.

그 밖에 流動點이나 雲點이 적당한가, 예를들어 외기온도가 낮은 동절기에는 기온보다도 유동점이 높으면 시동에 지장을 주게 되고, 曇點이 높아도 석출된 왁스분이 필터를 막기 때문에 그러한 점도 고려되지 않으면 안된다. 최근에는 디젤車用연료의 저온유동성을 평가하는 방법으로 CFPP(Cold Filter Plugging Point) 시험법도 검토되고 있다.

또한 고비점유분은 탄소분이 되기 쉽고, 실린더마모를 일으키므로 증류성상 이외에 잔류탄소에서도 이 점을 고려하고 있다. 이 밖에 유황분이 너무 많아 유허유의 산화를 촉진시켜 실린더와 피스톤의 부식을 촉진하는 점이나 배기가 스중의 SO₂의 점에서도 고려해야 한다. JIS는 이들의 것도 고려하여 <표 24>와 같이 규정하고 있다. <계속 : 朱珽彬 역>

<표 24> 경유의 JIS 규격 (K2204-1983)

性狀	반 응	인화점	蒸溜性狀	유동점	10% 殘油의	세탄지수	動粘度	유황분
種類		°C	90% 流出溫度	°C	殘溜炭素分	(1)	(30°C)	質量%
			°C	°C	質量%		{mm ² /s} ⁽²⁾	
特 1 號	中 性	50 이상	360 이하	+ 5이하	0.10이하	50이상	2.7 이상	0.50이하
1 號			360 이하	- 5이하		50이상	2.7 이상	
2 號			350 이하	-10이하		45이상	2.5 이상	
3 號			330 이하	-20이하		45이상	2.0 이상	
特 3 號			330 이하	-30이하		45이상	1.8 이상	

註 : (1) 세탄指數는, 세탄價를 이용할 수 있다.

(2) 1 cSt = 1mm²/s

깨끗한 환경은 소중한 유산입니다