

인 활 자 료



# 승용차용 駆動系의 潤滑油

(주) 유공 강 상 원

## 1. 첫머리

1970년대 전반의 자동차용 구동계 윤활유는 자동차에서의 요구를 만족시켜 준 커다란 변화는 보이지 않았으나, 1975년에 미국에서 에너지 정책으로 에너지 보존법이 제정됨에 따라 차량의 燃費 개선이 요구되게 되었다.

燃費를 개선하기 위해서는 많은 효과를 중복시킬 필요가 있으므로, 구동계에 관해서는 전달 효율을 향상시킬 수 있는 윤활유에의 기대가 커져 왔다. 이외에도 저온 시동시의 「Shift」 조작력의 경감, 終감속기 軸受에의 油 순환의 개선, 「maintenance free」 신기구에의 대응 등을 생각할 수 있으며, 지난 수 년간에 걸쳐 구동계 윤활유는 에너지 절약을 감안 발전하여 왔다.

따라서 여기서는 승용차용 구동계 윤활유의 현상과 최근의 동향을 정리하고 그와 함께 금후의 구동계 윤활유에의 요구 성능에 대하여 기술한다.

## 2. 구동계 윤활유와 최근의 동향

구동계 윤활유의 종류는 분류방법에 따라 다르지만 일반적으로 동력 전달 장치에 대응시켜 手動變速機油, 終減速機油, 差動制限裝置付 終減速機油, 縱置「manual trans axle」油, 橫置「manual trans axle」油 및 自動變速機油「ATF」로 분류한다.

手動變速機油는 「Single Grade」 SAE 80W 또는 SAE90 기어油가 쓰여져 왔지만, 최근에

와서는 저온 시동시의 「Shift」조작력의 경감과 燃費 개선을 도모하기 위해서 「multi Grade」 SAE 75W/90 기어油나 ATF가 채택되고 있다.

終減速機油는 API 서비스 분류로 GL-5의 극압성능을 갖는 「Single Grade」 SAE90 「하이포이드 기어」油가 주류였지만 수 년전부터 미국을 중심으로 「Multi Grade」 SAE80W/90「하이포이드 기어」油가 쓰여지고 있다. 그 이유는 종감속기의 「프론트」 軸受에의 油 회전을 개선하기 위함이다. 미국에서는 「Single Grade」 SAE 75W 및 SAE 80W의 低燃費 「하이포이드 기어」油의 연구, 개발이 행해지고 있어 가까운 장래에 실용화될 것으로 생각된다.

差動制限裝置付 終減速機油는 마찰판 「Stick Slip」 현상에 의한 Chatter Noise를 방지할 효과가 필요하고, 인계의 마찰 조정제를 포함한 專用油를 쓰고 있는 곳이 많다.

縱置 「Manual trans Axle」油로는 「Single Grade」 SAE75W 기어油 및 「Multi Grade」 SAE 75W/80W, SAE 80W/90가 쓰이고 있지만 이중 SAE 75W 기어油와 SAE 75W/80W 기어油가 수동변속기유와 같이 저온 시동시의 「Shift」 조작력의 경감과 燃費 개선을 위해 그 사용이 확대되고 있다.

橫置 「Manual trans axle」油는 ATF나 SAE 75W/85W, SAE 80W, SAE 85W, SAE80W/90 기어油 또는 SAE 10W/30 엔진油가 쓰여지고 있고 각 Car Maker의 「Trans axle」의 개발시기나 생각하는 방법에 따라 다양각색이다. 이상에 기술한 윤활유의 점도-온도 특성을 비교한 예를 표 1에 나타냈다.

표 1. 윤활유의 점도-온도특성(代表例)

	기 어 油										엔진油		
	75W	80W	90	140	75w/80w	75w/85w	75w/90	80w/90	80w/90	80w/140	ATF	30	10w/30
동점도40℃	31	82	197	465	42	74	76	122	131	300	35	102	72
Cst 100℃	5.6	9.8	17	28	7.2	12	14	16	14	28	6.8	11.6	10.5
점도 지수	120	100	95	95	135	150	195	150	105	135	160	100	145

\* 점도 지수 향상제 포함

3. 구동계 윤활유의 요구 성능

구동계 윤활유에 대한 요구 성능은 사용 기계의 발달에 따라 크게 좌우되지만 최근에는 그것과 함께 省資源, 省「에너지」 등의 사회적 요구에도 크게 영향받게 되었다.

따라서 1980 년대의 구동계 윤활유에의 요구 성능을 기술하고, 그것을 만족하기 위한 윤활 기술을 최근의 문헌을 중심으로 소개함과 동시에 금후의 연구 과제를 명확히 한다. 더구나 윤활유 기술에 의해 모든 요구를 만족 시키는 것이 곤란한 경우도 있으므로 기계 설계측에서의 대응에 대해서도 언급한다.

3-1. 전달 효율의 향상

동력 전달계의 마찰 손실을 최소화하여 전달 효율을 향상시킨다면 차량의 燃費 개선에 크게 기여 할 수 있다. 전달 효율을 향상시키기 위해 윤활유에는 저점도화, 「Multi Grade」화 및 마찰 조정제의 첨가를 생각할 수 있고, 그 효과와 문제점에 대해서 수 많은 보고가 있다.

以下에 윤활유에 의한 전달 효율의 향상에 관해 수동변속기와 종감속기에 대해 기술한다.

3-1-1 수동변속기

수동변속기油의 저점도화에 의한 燃費 개선율의 측정 결과는 표 2와 같다. 燃費 개선율은 그 측정조건에 따라 다르지만 저점도가 되는 만큼 개선효과가 커지고, SAE 90 기어油에 대해 SAE 75W/90 기어油에서 약 1.5%, ATF에서 약 2% 정도 燃費 개선효과가 있다. 한편 SAE 80W 기어油에 인계의 마찰조정제를 첨가한 경우는 첨가하기 전과 비교해서 약 1.5%의 개선효과가 인정되고 있다.<sup>3)</sup>

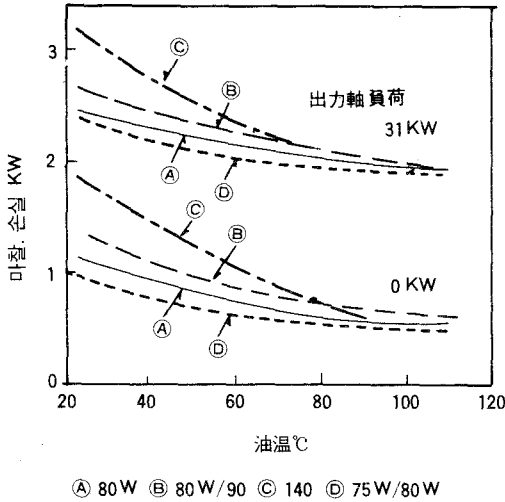
저점도유의 燃費 개선효과를 측정하는 다른 방법으로서 수동변속기의 온도에 따라 마찰손실을 측정하고 절달효율을 산출한 결과 저점도油의 마찰손실 저감효과(절달효율 향상과 燃費 개선효과)는 低油温域과 低「돌크」時에 현저히 나타나고 점도에 따른 마찰손실은 負荷 조건에 관계없이 저점도가 되는 만큼 감소한다는 것은 익히 알려진 사실이다.<sup>4)</sup>(그림 1)

금후의 연구과제로 전달효율을 더욱 향상시키기 위해 SAE 75W 기어油 보다 더욱 저점도화한 경우의 효과와 문제점을 명확히 해야하고 마찰·조정제를 수동변속기에 쓴 경우에 대해서도 그 효과와 문제점을 명확히 할 필요가 있다.

표 2. 수동변속기의 저점도화에 따른 燃費 개선효과

燃費測定方法	SAE 90 대비 燃費 개선율 %				문헌
	80W	80w/90	75w/90	ATE	
40km/hr; 油温 40~60℃	0.8~1.0	0.8~1.0		2. ~2.	1)
60km/hr; " 40~80℃	0.8~1.0	0.5~1.2		1. ~2.	
80km/hr; " 60~80℃	0.8~1.1	0.7~1.0		1. ~1.	
10mode; 油温 0℃ 시동	2.4		4.0		2)
60km/hr; " 6℃ 시동	0.6		1.7		
100km/hr	0.3		1.0		
EPA city cycle			1.5~2.1		3)
EPA highway cycle			1.0~1.3		
EPA combined			1.5~1.6		

그림 1. 유종별 수동변속기의 마찰손실과 油温



한편 수동변속기의 저점도화는 「카운타기어」 등에 있어서 油의 拮抗의 저하에 따라 끌어 당김 「토크」가 감소하기 때문에 「idling」時 기어에서 덜거덕 거리는 소리가 증가할 것으로 예상된다. 이것은 저점도화 추진에 피할 수 없는 현상이므로 기계 설계 측면에서의 검토가 필요하다.

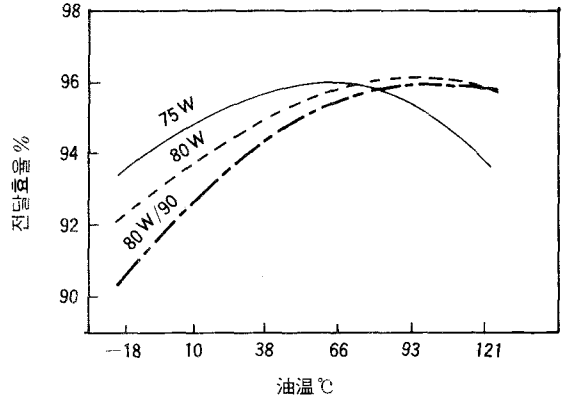
3-1-2 終減速機

중감속기의 SAE 90 「하이포이드 기어」 油를 표준유로써 저점도 「하이포이드 기어」 油의 燃費 개선율을 측정한 결과를 표 3에 보인다.<sup>1)</sup> 일반적인 주행 조건에서는 수동변속기와 같이 저점도화 되는 만큼 燃費 개선효과가 커지는 경향을 인정할 수 있지만 高負荷조건인 경우, 오히려

연료 악화를 보인다.

그림 2는 중감속기의 전달효율 측정장치에 의해 SAE 75W, SAE 80W, SAE 80W/90 「하이포이드 기어」 油의 전달효율을 측정한 결과이며 온도가 65°C 이상에서 SAE 75W 「하이포이드 기어」 油는 전달 효율을 악화시킴을 알 수 있다.<sup>5)</sup>

그림 2 중감속기의 온도에 따른 전달효율 변화



따라서 SAE 75W 「하이포이드 기어」 油는 低油温, 低負荷, 고속 回轉時 (유체유향영역)에서 SAE 90 「하이포이드 기어」 油에 비해 燃費 개선효과가 있고 高油温, 高負荷, 低回轉時 (경계유향영역)에서는 없는 것을 알 수 있다. 이상의 결과로 저점도화에 따른 전달효율의 향상은 중감속기의 운전조건에 따라 좌우되고, 한계 점도가 존재한다고 생각 할 수 있다.

高油温, 高負荷, 低回轉의 운전조건에 있어서 전달효율을 향상시키기 위해 가장 적합한 점도를 확보한 「멀티그레이드 하이포이드 기어」 油가 연구되고 있다. 표 4에서 보이는 바와 같

표 3. 중감속기의 저점도화에 따른 燃費 개선효과.

定地走行	SAE 90 대비 燃費 개선율 %		
	75W	80W	80w/90
40km/hr ; 油温 50°C	1.5	0.4	0.6
60km/hr ; " 60°C	2.4	0.7	0.5
80km/hr ; " 70°C	2.5	0.7	0.2
100km/hr ; " 80°C	1.8	0.4	0.1
高負荷走行			
40km/hr ; 油温 50~110°C	-1.1~-1.9	0.6~1.2	-0.2~0.2
60km/hr ; " 60°C	0.7	1.1	-0.1
80km/hr ; " 70~90°C	-0.1~0.3	0.5~0.8	-0.1
" 110~130°C	-0.3~-0.8	-0.1~-0.3	-0.6~-0.8

이<sup>6)</sup> 鈹油 및 合成油의 「멀티그레이드」 SAE75W/90 「하이포이드 기어」油나 部分合成油인 「멀티그레이드 SAE 80W/90 「하이포이드 기어」油는 SAE75W 「하이포이드 기어」油보다 높은 전달 효율을 얻을 수 있다. 「멀티 그레이드」化는 특히 油溫이 높은 「하이웨이」 주행에서 효과가 인정된다.

한편 전달 효율을 향상시키기 위해 마찰 조정제의 첨가를 생각할 수 있는데 일반적으로 「몰리브덴 디치오 포스페이트」 「몰리브덴 디치오 카바 메이트」는 에스테르系보다 높은 전달 효율을 얻을 수 있고, 油溫이 높을 수록 높은 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다.

금후의 연구 과제로는 전달 효율과 한계 점도

표 4. 「멀티그레이드」化에 따른 전달 효율 향상 효과. (표준유; SAE 90)

유 종		전달 효율 향상율, %	
		市 街	하이웨이
시 험 Series1	75W 광유	1.22	0.72
	*75W/90 광유	1.18	0.79
	*80W/140 광유	-0.13	-0.36
	75W 합성유	1.21	0.29
	75W/90 합성유	1.30	0.86
	75W/85W 합성유	0.86	0.71
시 험 Series2	80W/90 광유 # 1	0.41	0.33
	80W/90 광유 # 2	0.50	0.03
	80W/90 광유 # 3	0.63	0.23
	80W/90 부분합성유	0.19	1.06
	75W/90 합성유	1.00	0.55

의 관계를 모든 운전 조건에서 명백히함에 따라 최적 점도를 설정하는 것이고, 이 경우 종래의 외관상의 점도에 더해져, 高圧, 高切斷 조건하의 점도를 고려하고, 보다 폭 넓은 사용조건하에 있어서 보다 높은 전달 효율을 얻을 수 있는 윤활유의 조성 (합성유, 부분합성유, 점도지수 향상제 첨가유)을 검토하는 것이 중요하다.

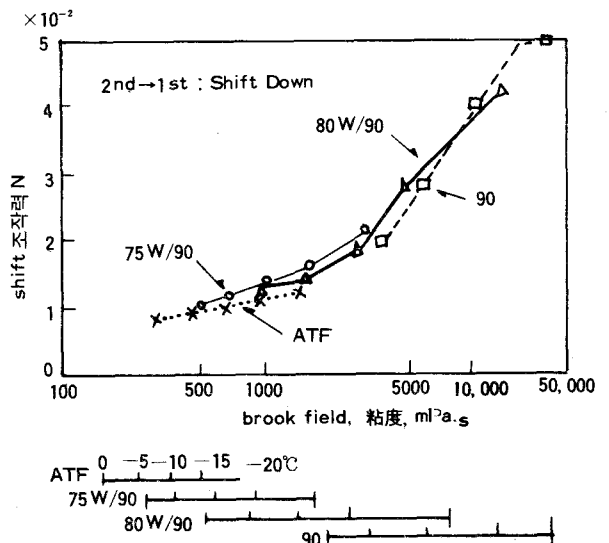
한편 마찰조정제의 첨가에 대해서는 작용기 구, 소모속도, 극압 첨가제와의 상호 작용이 훨씬 중요하다고 생각할 수 있지만 그 외의 윤활유 성능에 미치는 영향 및 첨가량과 전달효율 향상율, 관련 등에 대해서도 상세한 검토가 필요하다.

더구나 종감속기의 전달효율의 향상은 燃費를 개선함과 함께 고속주행에 따른 종감속기의 油溫을 저하시키는 「메리트」를 가지고 있으므로 금후 엔진의 고출력화 종감속기의 「콤팩트」化에 따른 油溫 상승의 대책으로서도 전달효율을 향상할 수 있는 低燃費의 「하이포이드 기어」油에의 기대는 크다.

ns axle」의 油溫은 시동 후에도 별로 상승하지 않는다. 그 때문에 유점도가 높은 상태이고, 그 사이는 「Shift」조작력이 꽤 커지는 현상이 있다.

그림 3에 저온에서의 「Brook Field」 점도와

그림 3 「Shift」操作력과 점도



### 3-2. 저온 시동時의 「Shift」操作力の 輕減

저온 시동時에 수동변속기 및 「Manual Tra-

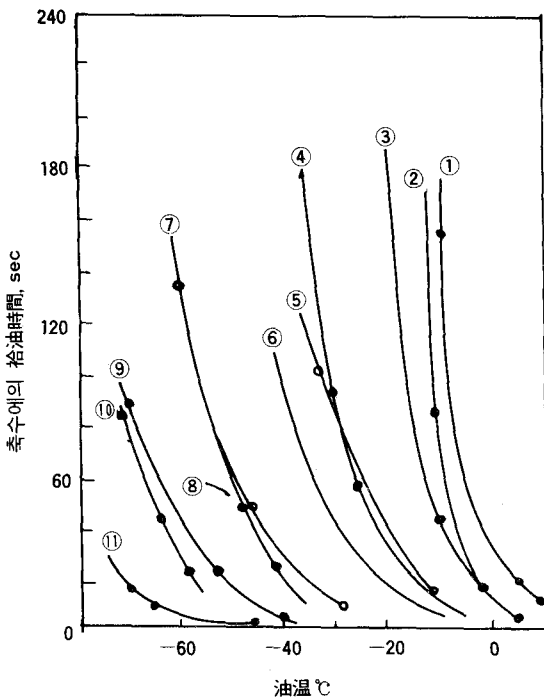
「Shift」 조작력의 관제를 나타낸다.」 油의 저온 점도 특성이 「Shift」 조작력에 미치는 영향은 크고, 원활한 「Shift feeling」을 얻으려면 약 3000 mPa's 이하의 점도를 유지할 필요가 있다는 것을 알 수 있다. 최근 橫置 「Manual Trans Axle」에 저온 점도 특성이 우수한 ATF가 채택된 이유의 하나로써, 이 저온 시동時的 「Shift」 조작력의 輕減을 들 수 있다.

### 3-3. 증감속기의 軸受에의 油 순환의 개선.

저온시동時 시동 직후에는 증감속기의 「프론트」 축수에의 油 공급이 늦어 축수 고장의 원인이 될 수 있다.

그림 4는 SAE 140 「하이포이드 기어」油에서 SAE 75W 「하이포이드 기어」油의 11油種에 대해 油가 축수에 도달하기 까지의 시간을 측정한 결과이고, 油의 저온 점도특성이 그대로 축수에의 給油시간의 長短으로써 표현되고 있다.

그림 4 축수에의 給油시간과 油温



- |                       |                   |
|-----------------------|-------------------|
| ① 140                 | ⑦ 80W/90 部分合成油    |
| ② 90 #1               | ⑧ 75W/90 (VII 添加) |
| ③ 90 #2               | ⑨ 75W             |
| ④ 80W/90 (VII 添加)     | ⑩ 75W/90 合成油      |
| ⑤ 80W/140 (VII 添加) #1 | ⑪ 75W 合成油         |
| ⑥ 80W/140 (VII 添加) #2 |                   |

### 3-4 Maintenance Free.

미국 자동차의 구동계 윤활유는 정기적으로 점검하고, 필요하면 補油하고 있고 油 交換을 하지 않는다. 이것은 사용자의 「Maintenance Cost」를 절감함과 더불어 省에너지에 관계된다.

금후의 연구 과제는 신규로 개발된 油의 적절한 「Maintenance Pitch」를 판단하기 위해 장시간이 소요되는 실차 시험 대신 실험실 평가 방법의 확립이 요망된다.

### 3-5. 新機構에의 대응

엔진의 최적한 운전 燃費域을 위해 변속비를 可變으로써 임의 선택할 수 있는 무단변속기 (Continuously Variable transmission)가 주목되고 있다. 무단변속기의 요구를 만족시키는 윤활유는 변속기의 구동방식(회전, 벨트, 油圧), 윤활방식등에 의해 달라지므로 각각의 기구에 적합한 윤활유의 연구가 필요하다.

### 4. 맺음

1980년대에는 차에 따라 최대의 기능을 발휘시키기 위해 동력 전달장치가 크게 변화하고 있고 그 변화 발전에 따라 윤활유에 대한 기대도 커져오고 있다.

여기에서는 승용차 구동계 윤활유의 현상과 給油의 요구 성능에 대해 기술했지만, 새로운 요구를 만족시키기 위해서는 고성능의 基油와 여러가지 첨가제가 필요하므로 Cost UP에 관련되지만, 실용성과 油組性과의 관련을 보다 치밀하게 조사하는 데 따라 필요 최소한의 油組性을 선택, 또는 油種의 共通화에 따른 Cost down과 함께 省資源, 省「에너지」에도 눈을 돌릴 필요가 있다.

이상, 이들 모든 문제를 해결하기 위해 보다 더욱 윤활유 제조자, 기유 및 첨가제 제조자, 자동차 제조자 및 部品제조자의 긴밀한 협조가 필요하다고 생각된다. 「끝」

### 「참고문헌」

- 1) 出光 자료, 1981
- 2) SAE Paper, 8 11 207, 1981.
- 3) 도요다 기술, 1982.
- 4) Performance and Testing of Gear Oils and Transmission Fluids, Oct. 1980
- 5) NLGI Spokesman Sep 1980
- 6) 윤활 696, 1981
- 7) 일본윤활학회 춘계 연구발표, 1981
- 8) SAE Paper 780939, 1978