

윤 활 연 구

합성윤활유의 고찰 (Ⅱ)

한국화학연구소
감 석 춘

4. 합성 윤활유의 특성

4.1 일반

전 세계 합성유시장의 98%는 4개의 일반적인 그룹으로 구성되어 있다. 대략 polyglycols가 38%, 합성 탄화수소계가 약 33%, organic ester가 22%, 그리고 phosphate esters가 5%로 추정하고 있다. 위 결과에 의해 이들의 성질을 광범위하게 고찰하고자 한다.

합성윤활유는 석유계열의 윤활유가 사용에 부적합한 경우(매우 높거나 낮은 온도, 마모가 심한 경우)와 윤활유가 특별한 성질을 가져야 하는 경우(불연성) 등 특별한 이용을 위하여 개발되었고 또 사용되고 있다. 합성유의 사용은 그들의 비교적 높은 가격에 상응하는 기계의 신뢰성, 오일의 수명, 에너지절약과 안정성등 긍정적인 비용효과가 있을 때 사용이 바람직하다. 모든 성질에서 광유보다 우수한 합성유는 존재하지 않는다. 그럼에도 불구하고 특수한 응용에서 가장 중요한 윤활성질을 갖도록 하는 합성유의 제조가 가능하다. 그 결과로 석유계가 따를 수 없는 최적오일의 생산이 가능한 것이다.

예를들면 실로콘오일은 비교적 내마모특성이 좋지않다. 그러나 점도가 온도의 영향을 적게 받는 윤활유이기 때문에 미세한 계측기구 같은 경

우에 요구되는 조건을 최적상태로 만족시켜 줄 수 있다. 많은 polyphenyl ethers는 높은 방사성 저항을 갖고 고온에서 사용되기 때문에 그들이 낮은 온도에서의 빈약한 성능은 문제가 되지 않으므로 50°C까지 고체로 유지한다. 이들 두가지 실례는 합성윤활유의 이용이 특별한 요구조건에 따라서 선택되어야 하고 실제로 단일목적에 위하여 사용되어야 한다는 것을 보여준다.

합성윤활유의 특성은 기유의 물리적, 화학적 성질과 사용되는 첨가제에 따른다. 기유의 물리 화학적 성질은 점도와 온도의 관계, 낮은 온도에서의 유동성, 끓는 온도, 페인트나 셀과의 친화성 그리고 석유와의 혼합성, 가수분해 안정성 그리고 화학적 첨가제의 용해성 등을 포함한다.

첨가제들은 자주 합성유에 사용되고 그들은 다소간 산화안정성, 하중 부담능력, 부식억제성과 기화손실 등에 영향을 준다. 표 1은 광유에 비교하여 산업용 합성윤활유의 상대적 성능특성에 관한 비교를 보여준다.

4.2 합성 탄화수소(SHC)

일반적으로 이 분류에 속하는 것으로는 poly-alphaolefins, alkylated aromatics, polybutenes and cycloaliphatics들이 있다. 이번 고찰에서 특별한 관심은 polyalphaolefin에 주어진다.

표 1. 광유와 비교한 합성윤활유의 성능.

오일 성질	광 유 (파라핀)	Polyalpha- olefin	Dialkylated Benzene	Dibasic Acid Ester	Polyol Ester	Poly- glycol	Phosphate Ester	Silicone Fluid
점도-온도	보 통	우 수	보 통	우 수	우 수	매우우수	빈 약	극히우수
저온특성	빈 약	우 수	우 수	우 수	우 수	우 수	보 통	우 수
고온 산화 안정성	보 통	매우우수	우 수	우 수	극히우수	우 수	보 통	우 수
광유와 친화성	극히우수	극히우수	극히우수	우 수	보 통	빈 약	빈 약	빈 약
저온 기화성	보 통	극히우수	우 수	극히우수	극히우수	우 수	우 수	우 수
대부분의 페인트와 친화성	극히우수	극히우수	극히우수	빈 약	빈 약	보 통	빈 약	매우우수
가수분해 안정성	극히우수	극히우수	극히우수	보 통	보 통	매우우수	보 통	우 수
망청성 (억제제有)	극히우수	극히우수	극히우수	보 통	보 통	우 수	보 통	우 수
첨가제의 용해성	극히우수	우 수	극히우수	매우우수	매우우수	보 통	우 수	빈 약
씰 부풀음 성능	극히우수	극히우수	보 통	보 통	보 통	우 수	보 통	극히우수

다. 왜냐하면 그들이 합성윤활유 시장에서 수요가 빨리 증가하고 있는 것으로 생각되기 때문이다. 현재 높은 시장을 갖는 polybutenes은 수요에서 한계에 도달되어 있어서 윤활유로써 더 많은 연구가 거의 이루어지지 않고 있다. Alkylated aromatics는 비록 추운 기후의 유체나 윤활유에서 중요한 인자가 될지라도 좁은 범위의 점도만이 제조 가능하기 때문에 제한되어 있다.

Cycloaliphatics는 현재에 traction유체(EHD피막의 마찰계수가 높은 재료)로만 사용되고 있다. 높은 traction coefficient의 기술은 또 다른 윤활제로 이용되고 시장의 수요는 매우 적다. 이러한 이유로 polyalphaolefins에 많은 비중을 두고 나머지는 자세히 설명하지 않을 것이다.

4.2.1 Polyalphaolefin

Polyalphaolefins로 만든 윤활유는 석유계

광유중에서 가장 좋은 성질을 가진 오일과 거의 비슷한 성질을 갖는다. 이들의 성질은 후에 자세히 설명하기로 한다. 그러나 간단히 말하면 그들은 약 135이상의 높은 점도지수와 월등히 낮은 온도의 유동성 그리고 매우 낮은 유동점을 갖는다. 전단 안정성은 가수분해 특성과 함께 매우 우수하다. 탄화수소의 포화성 때문에 열안정은 당연히 우수하다. 기화성은 높은 온도에서 낮은 기화손실을 갖는 같은 점도의 광유보다 더 낮다. 냉동기계의 이용에서 polyalphaolefins는 암모니아나 R22 또는 널리 사용되는 다른 냉매에 대하여 낮은 용해성을 갖는다.

가장 좋은 광유와 비슷한 성질을 가진 것으로 나타난 또 다른 오일은 polyolalphaolefins으로써 이것은 광유를 위하여 만든 첨가제를 사용할 수 있고 “씰”이나 기계부품 그리고 재료에서 광유를 사용하도록 설계된 기계에 이용될 수 있다.

이들의 포괄적인 기유허특성이 다음과 같은 넓은 범위의 윤활유 이용에서 polyolalphaolefins이 적합하다.

- 자동차 엔진오일의 기유허
- 자동차용 기어오일
- 자동차의 유압유와 변속기유허
- 항공기용 유압유
- 산업용으로 고온용 기어와 베어링용 윤활유
- 육상용 가스터빈의 윤활유
- 극심한 상황에 사용되는 냉동기의 압축기유허
- 동력전달유
- 군이나 산업용의 넓은 온도범위에 사용되는 그리스
- 장수명의 압축기유허
- 격심한 용도의 중속디젤이나 선박엔진용 윤활유

Polyolalphaolefins은 엔진윤활유의 기유허로써 널리 사용된다. 실제 상품화된 것으로는 Mobil 1이 있고 승용차용 윤활유로 사용되며 기타 다른 디젤이나 철도차량용 오일들이 있다.

엔진오일로써 Polyolalphaolefins의 우수성은 다음과 같다.

- 높은 점도지수와 낮은 기화성이 높은 온도와 하중에서 효과적인 윤활피막을 제공한다.
- 낮은 온도의 특성은 빙점이하의 온도에서 시동을 쉽게 할 수 있다.
- 높은 수준의 열과 산화안정성은 사용수명 시간을 길게 할 수 있다.
- 광유와 친화성은 플라싱의 필요성이 없으며 우연한 광유와의 접촉시 위험이 없다.
- 기존 사용중인 쉘이나 페인트 등을 교환이나 특별한 주의가 필요없다.

연료 절약은 엔진 윤활유로써 잘 혼련된 경우 Polyolalphaolefins의 또 다른 잇점이 된다. 예를들면 승용차의 경우 Mobil 1을 사용시 2.8~4.3%의 연료절약 효과가 있다.

산업용 윤활유에서 Polyolalphaolefins의 응용은 거의 모든 분야에서 발견할 수 있다. 그들 중 가장 유망한 것은 기어와 베어링용 윤활유이다. 이런 실제분야의 응용에서 다음과 같이 윤활유의 요구성능에 상충되는 경우가 가끔 있다.

- 높은 하중에서 적당한 점도와 마모의 억제
- 높은 온도에서 우수한 산화 저항력과 적당한 점도
- 낮은온도의 유동성이 추운 지역에서 필요
- 수분이 쉽게 제거될 것
- 부식 방지가 요구됨
- 최소의 퇴적물 생성과 함께 최대로 장기간의 사용수명 기간동안 최적 성능의 유지

앞에서 설명한 것처럼 이들의 요구는 서로 상충되는 것이다. 예를들면 탁월한 내마모성은 Polyolalphaolefins과 선택된 첨가제의 첨가로 얻을 수 있다. 그러나 높은 유화성, 산화안정성 그리고 기유허의 부식방지성이 가능한지 조심하여야 한다. 이에 대해 수많은 시험을 실시 하였다. 유럽에서 FZG 시험은 하나의 인정된 표준시험이다. 이 과정에서 윤활유의 내마모성은 다양한 하중에서 스퍼기어로 시험을 하고 있다. 기어치 마모자료와 기어의 무게감소 그리고 요구동력의 수준이 도식적으로 결정되어진다.

여러 형태의 화합물이 포함된 광유와 polyglycol제품의 또 다른 비교 시험에서 Cornwarm drive에서 마찰감소의 측면에서 Polyolalphaolefin의 제품이 polyglycol보다 약간 더 좋았다. 두 오일 모두 시험한 광유보다 상당히 우수하다.

또 다른 시험은 미국의 제철소에서 수행하였다. 파이프 제조기의 다섯개 웜기어장치시험에서 Polyolalphaolefin 제품은 광유에 비해서 약 5.8%의 에너지 절약효과가 있었다.

내마찰 성능을 측정하기 위한 ZAE 웜기어를 사용한 유럽형 탁상시험은 Polyolalphaolefin/Polyglycol의 순서가 뒤바뀌지만 광유에 비해서는 둘 다 우수함을 유지한다. 그래서 주어진 기어의 비와 금속(steel과 steel)학적 측면에서 효율은 합성유를 사용시에 4-5% 향상되었다.

Polyolalphaolefin의 온도에 대한 점도의 관계

는 또 다른 독특한 성질이다. 그림 21에서 보여주는 것처럼 그들의 높은 점도지수가 작동조건에서 점도의 회생없이 시동온도를 가능한 낮은 점도로 할 수 있다. 그 순수한 결과는 요구동력을 어떤 보호기능의 손실없이 감소시킬 수 있다.

광유로써 다양한 하중, 속도와 온도에 대하여 요구되는 넓은 범위의 점도는 ISO-VG32로부터 ISO-VG 1000까지 10배의 점도 등급이 필요하다. 그들의 점도지수 때문에 polyalphaolefin의 경우에는 100°C 주위의 작동온도를 가정

하면 그림 21에서 보여주는 것과 같이 광유와 같은 범위에서 ISO-VG 32에서 ISO-VG460까지의 그룹으로 포용할 수 있다.

Polyalphaolefin A의 성질을 솔벤트로 정제된 천연오일과 bright stock으로의 polyalphaolefin B의 비교가 표 2에 주어져 있다. 비교에서 polyalphaolefin의 기본 성질에서 잇점을 분명히 보여주고 있다. 즉 높은 온도에서 점도의 감소가 적은 상태에 낮은 온도의 유동성을 갖는다.

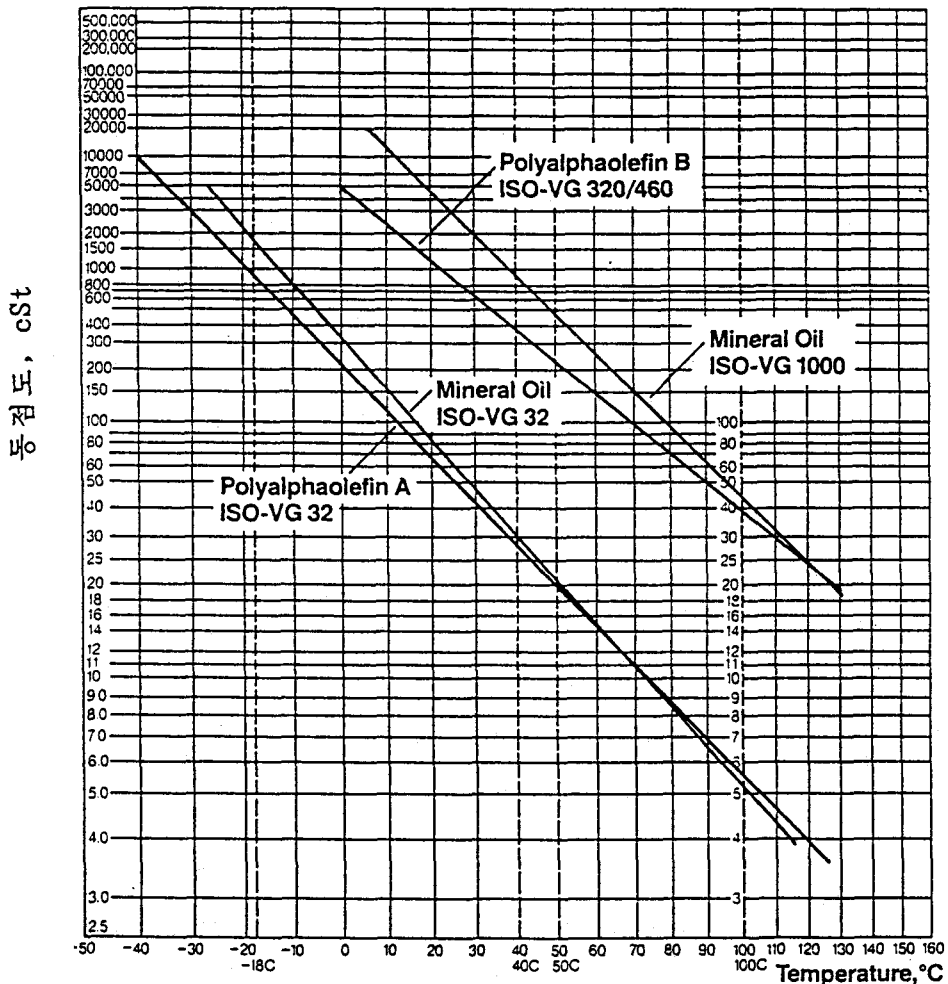


그림 21 점도와 온도의 도표 : 석유제품과 Polyalphaolefins의 비교

표 2. 솔벤트로 정제된 Neutral 오일과 Polyalphaolefin A 그리고 Bright Stock과 Polyalphaolefin B의 비교

물 성	오 일	Polyalphaolefin A	150 SUS Neutral Oil	Polyalphaolefin B	Bright Stock
100°C 점도, cSt		5.75	5.15	40.8	32.7
40°C 점도, cSt		29.5	29.7	405	540
-17.8°C 점도, cSt		1010	1900	39000	-
-40°C 점도, cSt		7000	-	-	-
점도 지수		140	100	150	91
유동점, °C		-60	+5	-43	+20
인화점, °C		235	218	271	300

Polyalphaolefin의 고유 산화안정성은 혼련된 윤활유에서 측정된 잇점이 또 다른 특성이다. 광유와 합성유는 산소가 있는 곳에서 둘다 산화가 일어난다. 온도가 높아지면 산가가 가속적으로 증가된다. 경험적으로 산업용에서 온도가 10°C 증가되면 산화율이 두배가 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 만약 광유가 80°C의 작동온도에서 6개월의 사용수명을 갖는다면 90°C에서는 사용수명이 3개월로 감소될 것이다.

광유와 합성유에서 산화는 제품의 열화를 촉진 시키므로 극단적으로 점도 증가와 퇴적물이 형성 되도록 하는 물질인 유기산이나 다른 산을 만든다. 모빌 산화시험은 산화과정을 산화촉매로 알미늄, 구리, 납, 철이 있는 경우에서 공기를 시간당 10리터씩 주입하며 온도를 163°C로 유지해주는 방법이다.

그림 22의 커브에서 광유가 polyalphaolefin 제품인 Mobil SHC 634가 전혀 산화되지 않은

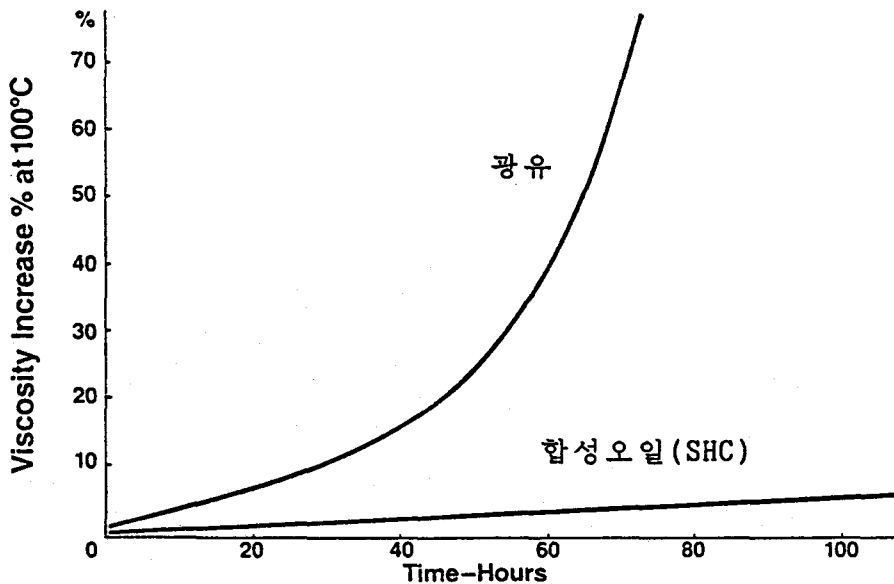


그림 22. 모빌산화시험의 결과

반면에 50 이내에 심하게 산화되었음을 보여준다. 잘 정제된 광유제품과 같이 polyalphaolefins은 물과 반응하지 않고 따라서 가수분해가 일어나지 않는다. 실제 경험에서 물은 산화율을 상당히 증가시킴을 의미한다. 따라서 사용자들은 수분의 침투나 응축과 같은 경로로 윤활유에 물이 포함하지 않도록 모든 노력을 다해야 한다.

냉동오일은 그들이 높거나 낮은 온도에서 냉매와 접촉하게 되므로 특수한 경우에 해당된다. 따라서 그들은 우수한 열안정성, 낮은 온도의 유동성을 갖고 어떤 경우든 냉매와 반응하지 않아야 한다. 이 요구에서 polyalphaolefin계 제품이 가장 이상적이다.

철이나 구리, 알미늄 같은 촉매작용을 하는 금속들은 냉동장치에 항상 존재한다. 하나의 방법이 윤활유에서 이 촉매의 효과를 측정하기 위해서 개발되었다. 10%의 냉매와 90%의 윤활유를 촉매가 있는 곳에서 보관한다. 이때 금속의 표면을 평가하고 냉매가 없는 오일이 기준이 된다. Polyalphaolefin 제품인 SHC200 계열의 경우에는 R12, R22와 R114에서 시험한 결과 여러시험 기준(점도, 밀도, 반응지수, 색, IR, 금속면)에서 변화가 일어나지 않았다.

Polyalphaolefin의 다른 중요한 성질은 “셀” 재료(sealant)와 페인트와의 친화성이다. Polyalphaolefin은 석유제품과 화학적으로 밀접한 관계를 가진 순수한 탄화수소이다. 이러한 이유로 그들은 광유와 똑 같은 방법으로 혹은 더 분명하게 반응하거나 반응하지 않는다. 오래 견디는 “셀”의 재료로는 대개 탄화불소계 탄성체가 적합하다.

4.2.2 Alkylated Aromatics

Alkylbenzenes로써 윤활유 형태로 잘 알려진 Alkylated Aromatics는 다음과 같은 두개의 형태로 공급되어진다. 첫 번째로는 비교적 낮은 점도를 갖고 독자적으로 또는 높은 VI를 갖는 나프탄계의 광유와 섞어서 냉동기의 압축기 오일로 사용되었고 두번째로는 파라핀과 비슷하고 높은 VI를 갖는 것으로써 그의 성질에서는 PAO와

비슷하다.

Alkylbenzenes은 새로운 것이 아니고 다음의 두가지 시장요인에 의해 압축기유로 나타났다.

1) 낮은 유동점 때문에 오래동안 냉동 압축기유로 채우는 나프텐의 기유는 장기간 공급위치를 nebulous로 사용되어 온 것으로 명성이 나 있다.

2) 현재 사용되는 광유의 한계보다도 훨씬 낮은 -80°C 에서 -100°C 상태의 낮은 온도조건에 도입된다.

Alkylbenzenes은 상대 광유보다 R22나 R502 같은 불화탄소계 냉매와의 혼화성이 더 좋다. 그들은 더 낮은 임계용해 온도를 갖고 위에서 나타난 것들의 한계치보다 더 낮아 압축기유의 냉매윤활유로 Alkylbenzenes이 사용되지 않는 것은 윤활효과의 부족 때문일 것이다. 그들은 좋은 윤활유가 아니므로 여러 경우에 나프탄계 윤활유와 섞어 사용하고 있다. Alkylbenzenes의 극히 낮은 온도가 요구되는 전형적인 응용은 내미생물성, 과산화질소, 액체산소, 즉석커피의 생산에서이다.

윤활에 사용되는 Alkylated Aromatics은 더 파라핀의 체인구조를 가진 dialkylbenzene이다. 이 재료는 빙점이하의 온도에서 사용되는 엔진오일, 기어오일과 유압유의 혼련에서 기유로 사용된다. PAO와 비교해서 주요 잇점은 셀과의 친화성과 첨가제의 용해성이 더 좋다는 것이다. 단점으로는 VI가 더 낮고 더 높은 유동점, 빈약한 기화성과 부족한 윤활성이다. 그러나 다른 성질은 거의 같다.

마지막으로 알킬 벤젠으로 혼련한 자동차의 윤활제는 극한 기후에서 성능을 잘 발휘하지만 비교적 높은 온도에서는 기화성과 VI의 결점으로 문제가 있다.

4.2.3 Polybutenes

Polybutenes은 그들이 몇몇 윤활관련 재료로 이용되지만 합성유 대상으로 항상 고려되는 것은 아니다. 비교적 낮은 분자량을 가진 중합체는 윤활유의 성질을 가지나 높은 분자량의 재료는 VI 향상제나 증주제로 사용된다. 그들은 현재 합성

유의 수요에서 약 22%를 차지하는 것으로 평가된다.

윤활유의 범위에 있는 polybutenes은 70-110의 점도지수를 갖고 그런대로 우수한 윤활성질을 갖는다. 그들은 훌륭한 절연성질을 갖도록 생산될 수 있다. 높은 온도의 금속가공에서 압연, 인발, 압출로 사용될 때 특히 중요한 성질은 그들이 290°C 근처의 온도에서 완전히 분해된다는 사실이다. 작업물에 잔존물질을 남기지 않으므로 중간의 청결과정이 필요없이 다음 단계의 공정으로 이어질 수 있다. 다른 한편으로 알루미늄의 압연에서 압연유는 금속표면에 잔류한다. 여기서 polybutenes은 아닐링 과정동안 분해되고 역시 잔존물은 남지 않는다.

다른 용도로는 절연유 케이블 오일이고 절연용 종이에 침투시키는 것이다. 이 오일의 높은 절연성 때문에 그러한 용도가 가능하다.

마지막으로 polybutenes은 석유계 윤활유같은 잔류물질의 점화나 폭발이 근원이 되는 압축기의

여러 단계에 사용된다. 그들의 완전분해성질 때문에 그러한 응용이 가능하다.

4.2.4 Cycloaliphatics

Cycloaliphatics은 항상 traction fluid로 알려져 있다. 높은 응력하에서 그들은 유리같은 구조로 발전하고 전단력을 전달시킬 수 있다. 다른 말로 말하면 그들은 높은 traction coefficient를 갖는 것이다. 동시에 그들은 그들이 부품사이의 미세 용접현상과 금속간의 물질이동(전이)을 억제하는 점에서 윤활기능을 하는 것이다. 이 조건에서 그들은 훌륭한 안정성을 갖는다. 이 유체의 주요 특성은 높은 트랙션 계수를 갖는 것이다.

정도는 적지만 하중과 속도 조건이 굴음베어링을 미끄러지게 하는 조건에서 베어링의 미끄러짐을 억제하는데 이 유체가 사용되어진다. 미끄럼 현상은 기계의 동력손실과 베어링의 마모 그리고 온도의 증가를 유발하기 때문이다. <계속>

생활의 지혜

■ 우산을 오래 사용하는 방법

비가 많이 오는 계절에 우산은 필수품이다. 그런데 이렇게 신세를 지고 있는 우산이면서도 손질을 게을리하여 얼마 사용하지 않아서 고장을 내는 사람들이 많다.

우산을 오래 사용하려면 우선 젖은 채로 세워 두지 말아야 한다. 뼈대 부분이 녹슬어 버리기 때문이다. 그러므로 비가 갠 때를 기다렸다가 말려 두는 것이 중요하다. 단, 이때 손잡이를 아래로 향하게 하여 펼쳐 반드시 웅덩이에서 말린다. 햇볕이 직접 닿는 장소에서 말리면 우산의 천이 변색될 위험이 있다.

또한 위쪽의 뼈대가 모여있는 곳이나 뼈대가 꺾이는 부분이 기름을 칠해 두면 펼치기가 쉬워질 뿐만 아니라 뼈대 그 자체도 오래간다. 그리고 뼈대를 기름 칠한 수건으로 가볍게 닦아 두면 좋다. 단, 이때 기름이 우산의 천에 묻지 않도록 주의해야 한다. 별로 사용하지 않아 구김투성이가 되어 버린 우산은 분무기로 물을 뿌려 웅덩이에 말리면 깨끗하게 펴진다.