

## 유럽 환경 규제 법규 대응 전략 : EU PAHs 사용 규제 법규 (EU Directive 2005/69/EC)를 중심으로

강 용 구 · 김 성 우 · 조 춘 택

### 1. 자동차 산업에 대한 환경 규제 법규 (고무 산업 관련) 강화 동향

세계 30개국 150개 기업 연합체로 구성된 세계 지속가능기업협의회(WBCSD)를 중심으로 친환경 제품과 관련 기술 개발을 촉구하고 있다. 이에 따라 제품 중심의 환경 규제가 강화되고 있으며, 결과적으로 무역 장벽의 하나로 작용하고 있다. Table 1은 년도 별 규제 법규 강화 내용이다. 이러한 법규들은 자원 소비량을 제한, 유해물질 배출량을 규제, 독성물질 확산을 방지, 원자재 재활용을 향상, 자원의 지속 가능성 극대화 및 제품 내구성 향상을 목적으로 하고 있다. 이들 각 법규에 대한 규제 내용은 Table 1에 간단히 설명한 바와 같지만 이와 관련하여 고무 업계에서 검토하고, 대응하여야 할 사항은 생각보다 복잡할 수 있다. 예컨대 폐차처리지침(ELV)의 경우 자동차에 사용되는 고무 부품 혹은 제품 속에는 당연히 이들 규제 물질이 허용치 이상을 함유해서는 안 된다. 때문에 고무제품에 사용되는 수십, 수백 종의 원재료들의 성분이 조사 되어야 하고, 안전성이 검토되

어야 한다.

최근 타이어 업계에서 화두가 되고 있는 규제 법규는 PAHs(Poly Aromatic Hydrocarbon) 사용 제한법이다. 북유럽 집행 위원회에서는 지난 2006년 10월에 그 동안 입법 예고 되었던 타이어 제조 시 사용되는 공정유에 함유되어 있는 물질인 PCAs(Poly Cyclic Aromatics)에 대한 사용 규제를 최종 확정하였다. 이 법규는 2010년부터 특정 물질의 함유 기준을 초과하는 유연제 및 타이어에 대해 생산, 판매를 금지하는 것으로서, 이는 현재까지 고무 제품에서 폭넓게 사용되었던 아로마틱 오일을 사용할 수 없게 된다는 것을 의미한다. 그러나 그 동안 논란이 되었던 규제 기준이 약간 완



**강용구**

1983 전남대학교 화학공학과 학사  
1989 전남대학교 화학공학과 석사  
1999 전남대학교 공업화학과 박사  
2000~ 넥센타이어 기술연구본부  
현재 연구부문 총괄부장



**김성우**

2002 부경대학교 고분자공학과 학사  
2004 부경대학교 화학과 석사  
2004~ 넥센타이어 기술연구본부  
현재 원재료공정연구팀



**조춘택**

1981 전남대학교 화학공학과 학사  
1987 University of Akron  
고분자공학과 석사  
2000 전남대학교 고분자공학과 박사  
2002~ 넥센타이어 기술연구본부  
현재 부사장, 연구본부장

Table 1. The Tendency of Control Laws Intensification in Years

년도	근거 법률	명칭	내용
2004	Clean Air Act [40 CFR Part 59]	VOCs (Volatile Organic Compound)	대기 중 오존농도 개선을 위해 광화학 스모그를 일으키는 휘발성유기화합물 (VOCs) 방출규제
2005	EuP Directive 92/42/EEC	EuP (Energy using Product)	제품 디자인 전 과정을 고려하여 환경 영향을 최소화 설계 규정
2006	Communication on Integrated Product Policy - Building on environmental lifecycle thinking (IPP)	IPP (Integrated Product Policy)	제품 전 과정에 걸쳐 환경영향 감소와 자원사용의 효율성 개선 등 활용 가능한 다양한 정책도구의 최적조합 구성
	Directive 2000/53/EC on end-of-life vehicles [OJ L 269, 2000]	ELV (End of Life Vehicle)	EU 역내 자동차 제조업체와 판매 업체에게 폐차의 무료수거 의무를 부과하는 강제 조치
	Directive 1999/45/EC and Regulation (EC) [on Persistent Organic pollutants]	REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals)	1톤/년 이상 제조수입 화학물질 유독량, 위해성에 따라 등록, 평가, 허가 의무화
2008	Directive 2005/64/EC, Directive 70/156/EEC	EU 자동차 재활용성 형식승인지침	규정된 재사용 및 재활용 가능률(85% 이상)과 재사용 및 재생가능률 기준(95% 이상) 준수 규정
2010	Directive 76/769/EEC	특정 다환방향족탄화수소(PAH) 사용규제 지침(안)	다환 방향족 탄화수소(Polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)를 구성 성분으로 하고 있는 신전유(extender oils) 및 이를 포함하는 타이어제품 내 PAHs 함량 제한

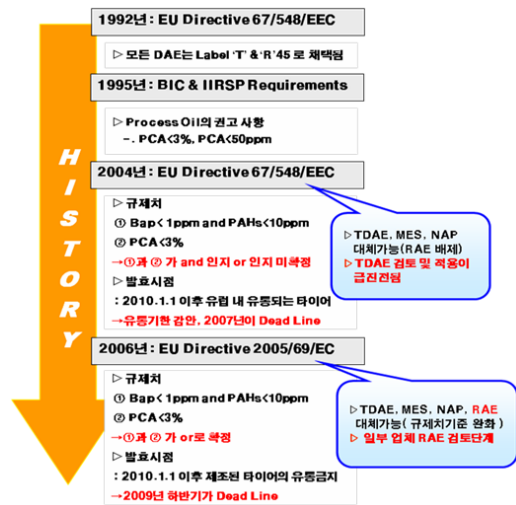


Figure 1. The History of the control laws.

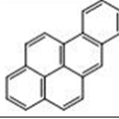
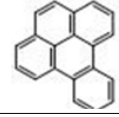
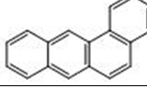
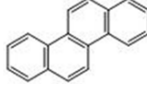
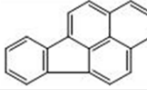
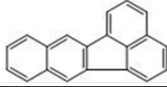
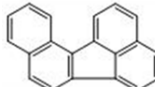
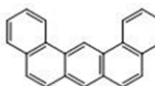
화 확정되어 대응을 위한 재료 선정의 폭이 더 넓어짐으로써 필요에 따라 적절한 대응이 가능해졌다. Figure 1에 법규 제안 과정을 최종 확정된 내용을 간단히 도식화 하였다.

종래 입법 예고된 규제 기준은 i)제품 단위 kg당 1 mg 이상의 Benzo(a)Pyrene, 혹은 10 mg 이상의 PAHs를 포함한 제품이거나, ii)PCA 3% 이상을 함유한 공정유를 사용한 제품이었다. 최종 확정 전까지 앞의 i)과 ii)가 동시에 만족하여야 하는지 혹은 하나의 조건만 만족하는지에 대한 확정이 없었으나 둘 중 하나만 만족하면 되는 것으로 확정되었다.

PAHs는 아로마틱 링이 3개 이상인 순수한 방향족 탄화수소로 발암물질이고 돌연변이 비율을 높이는 물질로 알려진 PAHs 8종을 총칭하여 일컫는 것이고, PCA는 아로마틱 링을 3개 이상 가지는 탄화수소 및 헤테로 화합물을 의미한다. 대표적인 종류로는 벤조푸란, 인돌린, 카르바를, 디안트렌, 아크릴렌, 벤지이미다졸, 퀴놀칼린, 디벤조부탄, 인돌리진, 퀴놀린, 피나린, 페난트리딘, 프레리딘 등이 있다. Table 2에 PAHs 8종 화합물의 종류 및 그 구조식을 열거하였다.

타이어용 공정유는 윤활기유 생산 공정에서 얻

Table 2. The Tendency of Control Laws Intensification in Years

PAH	Full Name	CAS No	구조식	규제범위
BaP	Benzo(a)pyrene	50-32-8		1mg.Bap/kg or 10mg.PAHs(8종)/kg in Oil 미만
BeP	Benzo(e)pyrene	192-97-2		
BaA	Benzo(a)anthracene	56-55-3		
CHR	Chrysen	218-01-9		
BbFA	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2		
BjFA	Benzo(j)fluoranthene	205-82-3		
BkFA	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9		
DBAhA	Dibenzo(a,h)anthracene	53-70-3		

어지는 부산물로서 지금까지 아로마틱 오일(DAE, Distillate Aromatic Extract), 나프테닉 오일(Naphthenic Oil), 파라핀 오일(Paraffinic Oil)과 일부 MES(Medium Extracted Solvate) 등이 사용되었으나, 70%이상의 점유율을 보이던 DAE의 사용 불가에 따라, 대응으로 DAE를 재 처리하여 PCA의 함량을 낮춘 TDAE(Treated Distillate Aromatic Extract)와 윤활기유 생산 Group II에서 제조되는 RAE(Residual Aromatic Extract)가 제안되고 있다. 물론 이전에 사용하던 다른 3종의 공정유들은 앞서 말한 범규에 만족하므로 그대로 사용 가능하다. TDAE와 RAE의 선택적 사용은 이들이 가지고 있는 화학적, 물리적 작용과 효과 또는 기계적 물성은 물론 원가 측면을 고려하여 각 사가 처한 환경에 따라 선택적으로 사용 가능할 것이다. 그러나 이중 어느 하나도 전 세계 시장을 만족할 만한

물량을 확보하고 있으며 지속적이고 안정적인 공급에 문제가 없을 것이라고 장담할 수는 없다. 따라서 이들의 효율적인 적용 방안이 검토 되어야 한다.

2007년 6월 1일부터 단계적으로 시행 중인 REACH(Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals) 법안은 대상 업체가 EU내 모든 제조 업체와 수입업자 및 대 EU 수출업자이고, 모든 기초화학물질을 대상으로 하고 있다는 점에서 정해진 기간 내 신속히 대응하지 못할 경우 전면적인 수출 중단 등 막대한 경제적 손실이 우려되고, 적절히 대응한다 하더라도 막대한 등록 비용과 필요 시 대체 물질을 개발하여야 하는 부담 등이 매우 크고 특히 상대적으로 대응 능력이 떨어지는 중소기업에서는 큰 위기가 아닐 수 없다. 또한 열악한 국내 고무 소재 산업 발전에 치명적인 악영

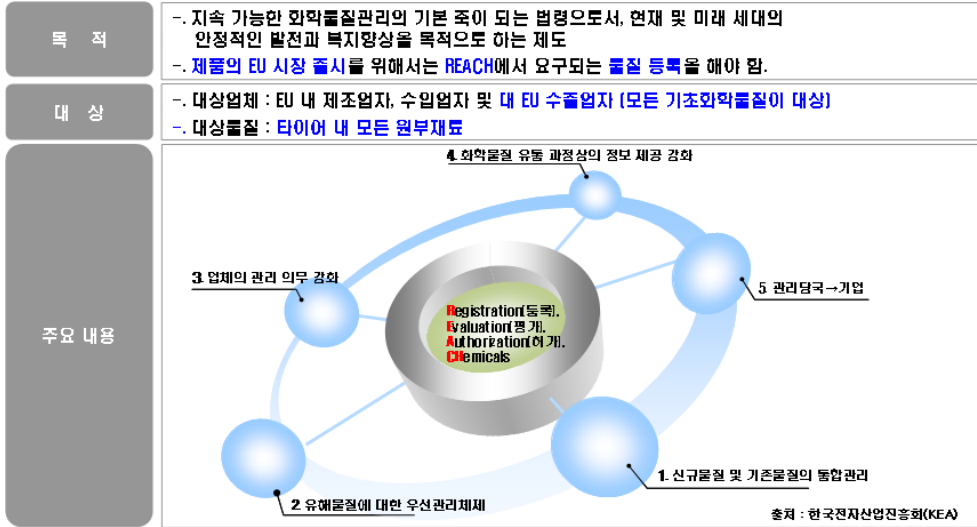


Figure 2. An outline of REACH (Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals)  
(출처: 한국전자산업진흥회)

향을 줄 수 있으며, 연쇄적으로 타이어 업종을 비롯한 대규모 고무 제조업체도 큰 피해가 우려된다. Figure 2에 REACH의 개요에 대하여 간단히 정리하였다.

## 2. PAHs 사용규제지침 대응 전략

### 2.1 공정유의 종류와 제조 공정

고무 산업에서 사용되는 공정유의 분류는 조성 중에 극성인 방향족 화합물의 함량에 따라 분류한다. Table 3은 ASTM D 2226에서 규정하는 공정유의 종류별 분류기준을 나타내었다.

이들 공정유 들은 화학적 조성에 따라 파라핀계 오일과 나프텐계 오일로 구분되는데 나프텐계 공정유는 나프텐계 원유로부터 감압 증류과정에서 단순 증류 유분으로 얻어진다. 나프텐계 원유는 주로 미국, 베네주엘라 등에서 얻어지며 전체 원유 생산량의 10% 미만을 차지 한다. 아로마틱 오일은 파라핀계 오일에서 용제추출법에 의한 기유 제조 시 발생하는 방향족 추출물로 얻어진다. 이들이 얻어지는 제조 과정을 Figure 3에 나타내었다.

그림에서 보는 바와 같이 기유 생산 공정은 크게 세가지로 구분된다. 이 중 Group I은 용제추출

Table 3. Classification of Process Oil

구 분	포화탄화수소 (%)	극성화합물 (%)	아스팔트분 (%)
Highly Aromatic	20 max	25 max	0.75 max
Aromatic	20.1~35	12 max	0.75 max
Naphthenic	35~65	6 max	0.3 max
Naphthenic+ Paraffinic	65 min	1 max	0.1 max

법에 의한 기유 생산 방식으로 아직 전세계 기유 생산량의 65%를 점유하고 있다. 고무 산업에서 지금까지 사용되고 있는 아로마틱 공정유는 여기서 얻어지는 DAE 오일이다. 이 공정유가 PCA 함량 규제 대상이 된다. 기유 생산 방식 Group II와 III은 각각 수침 탈황과 수침 분해 방식으로 발전된 기유 생산 방식이다. 이 방식들은 더 효율적인 기유 생산방식으로 DAE가 생산되지 않는다. 때문에 신규 생산 공정은 Group II와 III로 건설될 것이며 DAE 생산은 장기적으로 감소 할 수 밖에 없을 것으로 판단된다. DAE가 환경 규제 대상 물질이 됨에 따라 Group I 공정에서 DAE를 2차 추출 과정을 거쳐 환경 규제 물질을 제거한 공정유가 TDAE

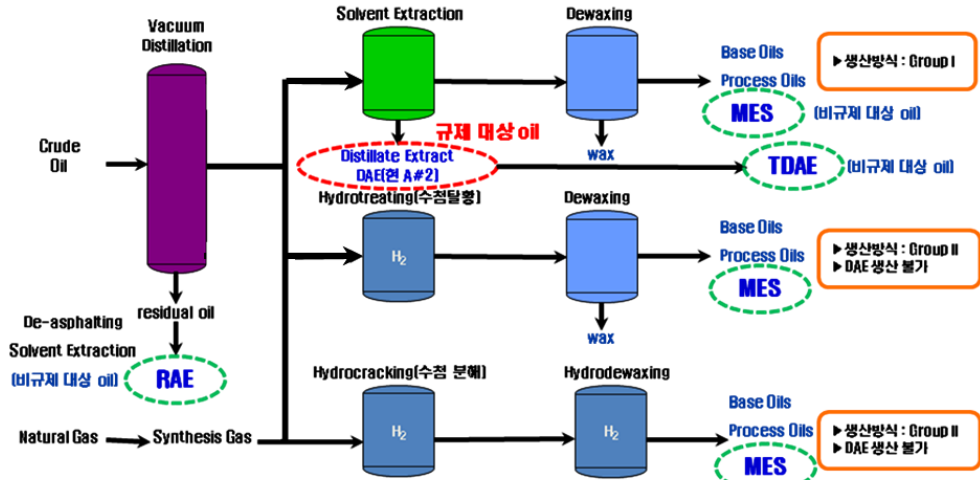


Figure 3. Manufacturing process of process oils with sorts.

이며, 기유 생산 방식 Group II에서 수첨 탈황 공정으로 윤활기유를 제조하고 남은 잔사유를 용매 추출 탈 아스팔트공정을 거쳐 제조한 공정유가 RAE이다. Group III 공정은 현재 정제 능력의 발달로 용매추출 단계 대신에 정제공정으로서 수소화 분해공정의 개발로 가능한 공정으로, 수소첨가 분해공정에서 산출되는 미전환 유분(Unconverted Oil, UCO)으로부터 고부가가치인 점도 지수가 120~150 사이의 초고점도지수 윤활기유(VHVI, Very High Viscosity Index)를 생산한다. 모든 과정이 수소첨가 반응법으로 이루어져 폐기물이나 오염물의 발생이 없는 환경친화적 공정이며, 또한 투자비와 운전비가 기존의 윤활기유 제조공정에 비해서 1/2 수준이어서 매우 경제적이다 신규 생산공정뿐만 아니라 기존 생산공정(Group I)도 Group II와 III로의 전환이 이루어지고 있다. 따라서 DAE의 생산량은 장기적으로 감소할 수밖에 없으며, 결과적으로 향후 TDAE를 주력 생산하는 제조업체 외에는 DAE 및 TDAE를 제조할 수 있는 공정 Line을 갖출 수 없을 것이다.

## 2.2 공정유의 특성

확정된 법규에 따라 규제치를 만족하는 TDAE, RAE, MES 및 나프텐계 오일 등 총 4종의 공정유에 대한 주요특성 및 DAE 대체가능 여부를 Table 4

Table 4. Character of Process Oil and Alternative Possibility of DAE Oil

구 분	NAP	MES	TDAE	RAE (TRA)
PCA 함량	만족함	만족함	만족함	제품에 따라 다름
Bap 및 PAHs 함량	만족함	만족함	만족함	만족함
SBR Polymer와의 상용성	상용성 문제로 물성저하 현저	Styrene 함량이 높은 Polymer와의 상용성에 문제	양호	양호
DAE와의 유사성 (Ca 함량)	적음 (약 15%)	적음 (약 15%)	유사함 (약 25%)	가장 유사함 (약 33%)
가격경쟁력	A#2 Oil 대비 고가	NAP와 TDAE사이 가격대 형성	A#2 Oil 대비 약 2배 이상 고가	NAP 대비 동등 또는 다소 저가
공정상 및 배합설계의 Reformulation	Major Reformulation 필요함	Major Reformulation 필요함	불필요	고점도로 이동라인의 온도증가가 요구됨
A#2 대체가능 여부	불가능	혼합 적용가능 (TDAE, RAE)	가능	가능

에, 공정유 종류별 화학적 특성을 Table 5에 간략하게 나타내었다. DAE와의 대체 용이성(물성, 공정성)을 고려하면 Styrene계 Polymer와의 상용성

Table 5. Chemical Property of Process Oil

Property	Test Method	Unit	DAE	TDAE	MES	RAE	
Sp.Gr @15℃	ASTM D1298		1.002	0.950	0.909	0.980	
동점도	@40℃	ISO 3014	mm <sup>2</sup> /S	1500	450	175	3300
	@100℃			30	20	14	60
Pour Point	ISO 3016	℃	+27	+30	-6	+15	
Flash Point	ISO 2719	℃	240	-	240	300	
Refractive Index @20℃	ASTM D1218	-	1.57	1.53	1.50	1.55	
Carbon Type Distribution	Ca	ASTM D2140	%	41	25	12	34
	Cn			29	30	30	28
	Cp			30	45	58	38
VGC	ASTM D2140	-	0.957	0.88	0.84	0.92	
Total PCA Content	IP 346 DMSO	%m/m	20	< 2.9	2.0	3 ~ 4	
BaP Content	HPLC	mg/kg	12	-	0.2	< 0.1	
8 listed PCA content			280	< 3	< 2	< 5	

Table 6. Character of Basic Compound by using Various Type of Process Oil

Oil type	DAE	TDAE	MES	RAE
M / V	42	41	39	47
Hardness	61	60	54	55
M-300% (kgf/cm <sup>2</sup> )	86	91	69	51
T. S (kgf/cm <sup>2</sup> )	199	186	166	158
Elongation (%)	600	540	600	710
Tear (kgf/mm)	27	26	24	30
Sp. Gr	1.152	1.137	1.127	1.142
Rebound(Index)	37.8	40.3	42.0	37.0

및 Ca(Aromatic Carbon) 함량이 DAE와 유사한 TDAE와 RAE Type 오일이 공정 상 및 배합설계 상 큰 변화를 주지 않고 손쉽게 적용 가능하지만 가격효율성 측면에서는 비교 검토가 필요하다. 반면에 나프텐계 및 MES Type 오일은 Styrene계

Polymer와의 상용성이 현저히 떨어져 물성저하가 예상된다. Styrene계 Polymer를 함유한 고무조성물의 기본배합평가를 해본 결과, TDAE가 DAE와 가장 유사한 물성을, RAE는 만족할 만한 수준이었으나 MES의 경우 물성저하가 다소 관찰되었다. 결과는 Table 6에 나타내었다.

### 2.3 세계 지역별 오일업체, 생산현황 및 사용 추이 예측

Table 7은 2006년 전세계 오일업체별 Base 오일 생산현황을 보여준다. 총 Base 오일 생산량은 약 44,000,000 kl이다. Group I base 오일(DAE 생산 가능)의 생산량은 약 65%인 29,000,000 kl이고 이중 DAE 생산량은 1,100,000 kl이다. 물론 향후 생산 공정이 Group II, III로 전환에 의한 DAE 생산

Table 7. 2006 Guide to Global Base Oil Production Status

(출처: Lube & Grease)

Continent	Paraffinic			Naphthenic	Total <sup>b</sup>
	Group I	Group II	Group III		
Western Europe	119,680	-	9,980	10,800	140,460
Central & Eastern Europe	138,690	-	800	1,535	141,025
North America	93,700	115,500	6,000	39,600	254,800
South America	38,500	200	-	14,930	53,630
South Asia/Pacific/Australia	66,200	20,300	-	-	86,500
Middle East and Africa	65,660	-	-	2,500	68,160
China	47,920	20,400	2,000	14,900	85,220
Japan & Korea	37,900	23,900	27,950	6,900	96,650
Total (Unit: barrel <sup>a</sup> /day)	608,250	180,300	46,730	91,165	926,445
Total (Unit: Kl/year)	29,196,000	8,654,400	2,243,040	4,375,920	44,469,360

a) Barrel = 160L, b) Assuming annual working day are 300 days

량 감소는 미미할 것으로 보고 추정치에서 제외하였다. Group II base 오일(RAE 생산가능)의 생산량은 약 8,654,400 kl이다. 사용현황은 유통유 완제품 시장 규모가 약 40~45백만 kl 정도이고, 특히 타이어용 공정유 연간 소비량은 850,000 kl(약 1.9%) 정도로 추정된다. 여기서 Group I에서 생산할 수 있는 DAE 1,100,000 kl로 TDAE를 생산했을 경우 생산량은 약 550,000 kl로 추정할 수 있고 Group II Base Oil로 현재 RAE 생산가능량은 약 90,000 kl로 추정되며, 본격적으로 사용하게 되면 그 양이 늘어날 것으로 보여진다. 현재로서는 타이어용 DAE 오일 전량을 Low PCA Oil로 전환이 어려워 보이며, 또한 TDAE 단독으로는 전세계 Low PCA 오일 전체 수요량을 흡수하지 못하고 RAE, MES, 나프텐계 오일이 공급부족분을 충당하리라 예상된다.

#### 2.4 타이어 컴포넌트별 오일 적용 전략

점도비중상수(VGC, Viscosity gravity constant)는 방향족성(Aromaticity)을 나타내는 지표로서 비중과 점도에는 의존하지만 분자량에는 의존하지 않는 상수로 점도비중상수가 클수록 방향족성도 커지며, 오일과 Polymer 간의 상용성을 예측할 수 있는 지표가 된다. 일반적으로 파라핀계 오일은 그 값이 0.8~0.85, 나프텐계 오일은 0.85~0.9, 방향족 오일은 0.9~1.0의 VGC 분포를 갖는다. Figure 4에서 오일 종류별 VGC와 Polymer 종류를 도식화하여 오일과 Polymer 간의 상용성을 예측할 수 있다. 파라핀계, 나프텐계 및 MES Type 오일은 VGC가 0.9 미만으로 Styrene 함량이 높은 고무 조성물과의 상용성 문제를 일으킬 수 있으나,

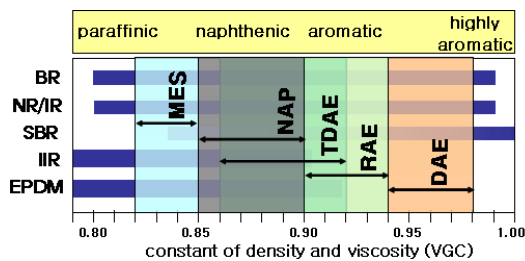


Figure 4. Compatibility of oils and rubbers.

TDAE, RAE 및 DAE Type 오일은 VGC가 0.9 이상으로 Styrene 함량이 높은 고무 조성물과의 상용성에 문제가 없음을 확인할 수 있다. EU PAHs 사용규제 정책을 효율적으로 대응하기 위해서는 DAE와의 대체용이성, 나프텐계 오일 사용가능성, 가격효율성, 장기적 수급안정성을 모두를 고려하여 타이어 컴포넌트별 공정유 적용전략을 수립하여야 할 것이다. 먼저 SBR을 주성분으로 하는 SBR/BR/NR Tread 고무조성물의 경우, Extended Polymer 및 Free Oil 모두 TDAE, RAE의 적용이 문제없으며, 나프텐계 오일은 Free Oil로 적용이 가능하지만 공정 및 배합설계상 상당한 개선이 수반되어야 할 것으로 보여진다.

먼저 승용차용 트레드 조성물의 경우, SBR을 주성분으로 하는 트레드부는 상용성 측면에서 TDAE와 RAE가 적합하며 가격효율성 및 장기적 수급안정성을 고려하면 이 두 가지 오일을 선택적으로 사용하거나 혼용하는 것이 합리적일 것이다.

나프텐계 오일은 적용은 가능하나 공정상 및 배합설계 상 상당한 개선이 수반되어야 하므로 비효율적이다.

NR을 주성분으로 하는 트럭버스용 타이어의 트레드부는 나프텐계, TDAE, RAE Type 오일이 적용 가능하며, 이 또한 가격효율 및 수급안정성을 고려하여 선택적 사용 혹은 혼용 체제가 효율적일 것이다.

다음으로 NR을 주성분으로 하는 비 트레드부는 상용성 및 가격효율성 측면에서 나프텐계 오일이 공히 가장 효율적이며, TDAE는 가격적인 측면에서 RAE는 큰 분자량에서 기인하는 혼합성 문제에서 약점이 있으나 적용은 가능할 것으로 보여진다. Table 8에 타이어 컴포넌트별 오일 적용 전략을 요약하였다.

#### 2.5 배합고무 특성 및 공정유 혼용에 대한 검토

앞서 살펴보았듯이 한가지 종류의 오일이 전세계 시장을 충족시키는 것은 어려워보이며 TDAE의 경우 DAE와의 유사성 및 물성이, RAE의 경우

**Table 8. Compatibility of Oils and Rubbers using Tire Component, such as Tread and Non-tread**

Tire Component	적용 Polymer	Oil 구분	적용가능 Oil [Compatibility 고려]		
			N#2	RAE	TDAE
Tread	SBR main + NR, BR	Extended Polymer	×	○	○
		Free Oil	△	○	○
	NR main + SBR, BR	Extended Polymer	×	○	○
		Free Oil	○	○	○
Non-Tread	NR main + SBR, BR	Free Oil	○	△	△

가격경쟁력에 이점이 있어 TDAE와 RAE의 장단점은 상호 보완적이기에 각 고무산업체의 전략 및 처한 상황에 따라 선택적 사용 및 혼용 등 효율적인 대응이 이루어져야 하겠다. 이에 공정유 혼용 가능성에 대해 검토하여보았다.

Table 9에 공정유 혼용에 대한 배합고무 특성을 파악하기 위한 배합설계표를 나타내었다. S1 ~ S4는 각각 DAE, TDAE, RAE 및 나프텐계 오일을 단독 적용하였으며 D1 ~ D3는 TDAE와 RAE를 변량 혼용 적용하여 SBR 적용 고무조성물과의 상용성 및 특성을 확인하였다.

Table 10에 공정유 단독 배합물의 특성을 요약하였다. DAE에 비해 TDAE와 RAE의 경우, 인장특성이 감소하였는데 이는 아닐린점의 증가로 Polymer-오일간 상용성의 저하의 결과로 예상할 수 있다. TDAE와 DAE에 비해 RAE의 경우 무니점도가 크게 증가하였다. 이는 RAE의 분자량(574 g/mol)이 TDAE 및 DAE의 분자량(350 g/mol) 보다 커서 무니점도에 직접적으로 영향을 미친 결과라 할 수 있다. TDAE 및 RAE에서 가교 속도 느려지고, Tg가 낮아졌다. PCA 함량, 즉 방향족 함량 감소와 RAE의 경우 분자량 상승에 따른 결과라 예측할 수 있다. 다른 한편으로 RAE는 0°C Tanδ가 상승하여 젖은 노면에서 마찰력이 더 좋을 것으로 예상되며, 상대적으로싼 가격과 함께 고성능 제품에 적용 가능성을 생각해볼 수 있다.

Figure 5는 적용 공정유별 카본블랙의 매트릭스 내 분산성을 보여준다. DAE > TDAE > RAE 순으로 분산도는 감소하였으며, 이는 상용성이 감소한 결과로 유추할 수 있다. RAE의 경우 고점도 특성 때문에 분산성 저하가 상대적으로 크며, 투입 온도 조절 등 공정상 개선이 필요하다.

**Table 9. Compound Recipe of Single Process Oils (S1, S2, S3, S4) and Dual Process Oils (D1, D2, D3)**

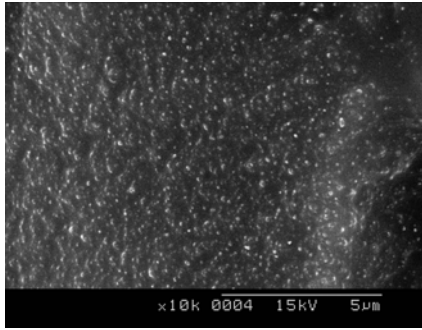
유형 구분	Single process oil				Dual process oil		
	S1	S2	S3	S4	D1	D2	D3
SBR1500	100						
N330	50						
ZnO#2	3						
S/A	1						
N-Sul	1.75						
TBBS	1.38						
DAE	37.5	-	-	-	-	-	-
TDAE	-	37.5	-	-	18.75	27.94	9.56
RAE	-	-	37.5	-	18.75	9.56	27.94
N#2	-	-	-	37.5	-	-	-

**Table 10. Properties of Rubber Compound by Using Process Oils**

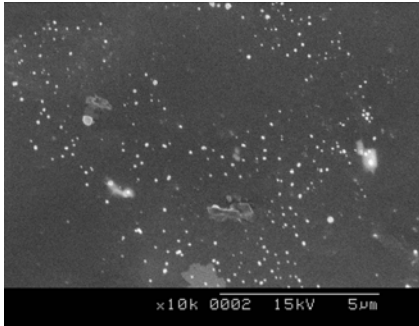
구분	S1	S2	S3	S4	
	DAE (A#2)	TDAE	RAE	N#2	
Aniline point(°C)	43.8	66.4	79.8	100	
PCA contents	18.38	2.10	nd		
molecular weight (g/mol)	350.79	350.04	574.07	315.72	
무니점도ML1+4(100°C)	37	37	41	30	
T.S(Kg/cm <sup>2</sup> )	138	132	106	103	
Rheometer (min)	T10	5.8	6	6.3	5.6
	T40	7.8	8.2	8.9	8.3
	T90	13.2	14.7	15.6	14.5
Dynamic property	Tg(°C)	-31.5	-30.8	-27.1	-42
	Tanδ(0°C)	0.262	0.265	0.274	0.201
	Tanδ(60°C)	0.184	0.180	0.184	0.152

RAE/TDAE 혼용에 대한 고무물성의 결과를 Figure 6에 도식화하였다. TDAE/RAE 혼용 비율에 따라 기계적 물성 값이 선형성을 가지는 것을 확인할 수 있었으며, 다른 물성도 마찬가지로 인 것을 확인할 수 있었다. 이는 두 오일의 분자량은 차이가 나지만 용해도 상수값이 유사하므로 배합물의 특성이 함량비에 따라 발현된 것으로 볼 수 있

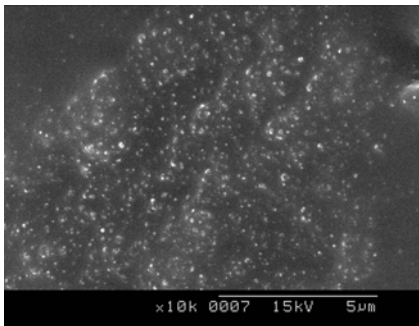




(a)



(b)



(c)

Figure 5. SEM analysis and results: (a) Distillate Aromatic Extract, (b) Treated Distillate Aromatic Extract, (c) Residual Aromatic Extract.

다. 즉, RAE/TDAE 혼용 비율을 변화시켜 목적하는 성능을 발현시킬 수 있으며 혼용에 큰 문제가 없음을 시사한다.

2.6 TDAE, RAE 적용 타이어 성능 평가 결과  
DAE, TDAE 및 RAE를 적용한 타이어 제조평가가 결과를 살펴보자. 오일 함량이 20~40 phr인 각

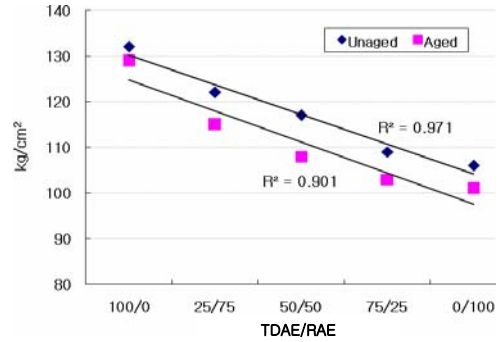


Figure 6. Properties of Rubber Compound by Using Mixed Process Oils Tensile Strength at Break.

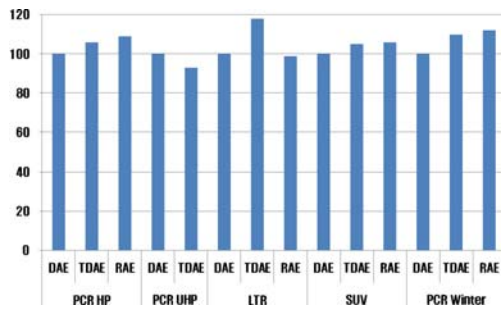


Figure 7. Effect of Low PCA Oil type on Tire Endurance (FMVSS139).

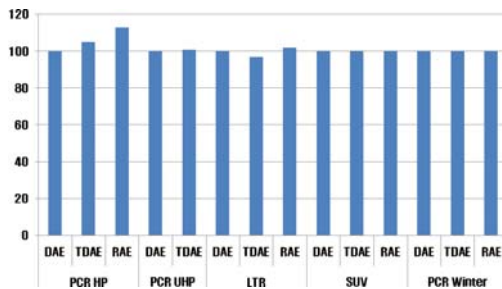


Figure 8. Effect of Low PCA Oil type on Tire Wear Resistance.

각 그 용도가 다른 5종의 타이어를 제조하고 내구 성능, 마모성능, 제동특성 등을 평가하고, 그 결과를 Figure 7~10에 도식화하였다. Lab' 기본배합 평가에서는 오일 종류별 상용성 및 PCA 함량감소에 의한 물성변화를 관찰할 수 있을 정도의 수준이었으나, 실용배합을 통한 타이어 성능 평가 결

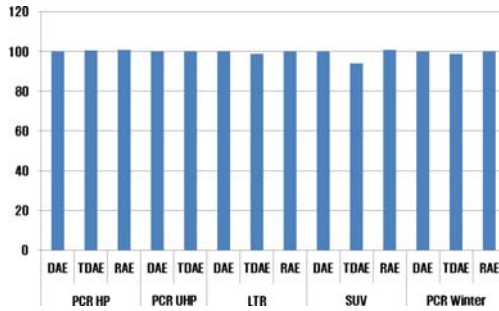


Figure 9. Effect of Low PCA Oil type on Tire Dry Traction.

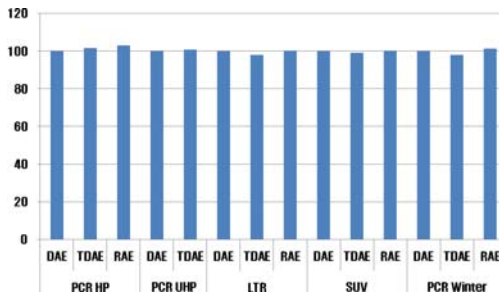


Figure 10. Effect of Low PCA Oil type on Tire Wet Traction.

과, 결과의 비정확성에 기여할 수 있는 수많은 요인을 고려하면 내구성능, 마모성능, 제동성능에 있어 DAE 적용 타이어와 거의 동등한 성능을 보여 주었다. 다만 내구력에 있어서는 천연고무 혹은 낮은 styrene 함량의 타이어에서는 TDAE와 RAE를 사용한 경우가 상대적으로 우수하였으며, 높은 styrene 함량을 가진 초고성능 타이어의 경우는 상대적으로 열세를 보였다. 이는 아로마틱 성분 차이에 의한 상용성에 기인하는 것으로 추정할 수 있다. 기타의 특성은 RAE가 약간의 제동 성능이 좋아진다고 느껴지기는 하지만 유의할 만한 차이는 아니었다. 이러한 결과로 볼 때 최소한 TDAE, RAE의 경우 큰 무리 없이 적용이 가능할 것으로 판단되며, MES 혹은 다른 공정유로의 전환은 좀 더 섬세한 배합설계가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 기업체의 대 EU 수출제품에 대해 Low PCA 오일의 선택적 사용/혼용의 전략적 계획을 수립하여 개발난이도, 적용시기, 원가 등을 고려하

여 적용 오일의 종류와 개발 우선순위를 선정하여 배합고무를 개발하는 효율적인 대응이 가능할 것이다.

### 3. 완제품업체의 REACH 대응 전략

EU에서는 화학물질의 위해성으로부터 인체 건강 및 환경보호와 아울러 EU 역내 산업계의 경쟁력 강화를 위해 기존의 40여개 화학물질관리법령을 개편, 단일화하는 신화학물질관리제도(REACH)를 2007년 6월에 발효시켰다. 모든 화학물질과 완제품 내 모든 구성 화학물질의 물질정보 확인, 위해성 평가, 입증 및 대상 제품 사용 중 발생하는 위해성 문제에 대한 책임 이들 모두의 주체가 각 기업체라는 사실에 REACH는 지금까지 환경규제 중 가장 강력한 조치로 손꼽힌다. REACH가 발효된지 약 10개월이 지난 지금, 환경부와 산자부 등 관련 정부기관에서 국내 산업계의 REACH 인지도 향상 및 대응의지 제고를 위한 대외활동으로 각 기업체의 REACH 이해수준 및 대응의지는 점차 높아지고 있지만 지금 현 시점에서 과연 무엇을 가지고 어떻게 효율적으로 대응해야 하는가에 대한 물음에 자명하게 답을 줄 수 있는 기업체는 몇몇 대기업을 제외하고는 불가능 할 것이다. 이에 REACH 대응을 위한 주요 사항과 현 시점에서 시급하게 고려해야 할 사항에 대해 시사하고자 한다.

#### 3.1 REACH 대응 가이드라인

Figure 11(출처, 한국전자산업진흥회)에 전반적인 REACH 대응 가이드라인을 도식화하였다. 범규추진 일정에 따른 주요 대응사항을 단계적으로 확인하여 수행해야 할 것이다. REACH 등록 대상 물질임에도 사전등록을 하지 않으면 등록유예기간이 주어지지 않으므로 REACH 대상물질인지에 대한 정밀한 검토가 선행되어야 하며, 그 후 사전등록 준비에 전력을 투자하여야 할 것이다.

#### 3.2 REACH 대응을 위해 우선적으로 고려해야 할 주요 사항

효율적인 REACH 대응을 위해서 기업들이 우선적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

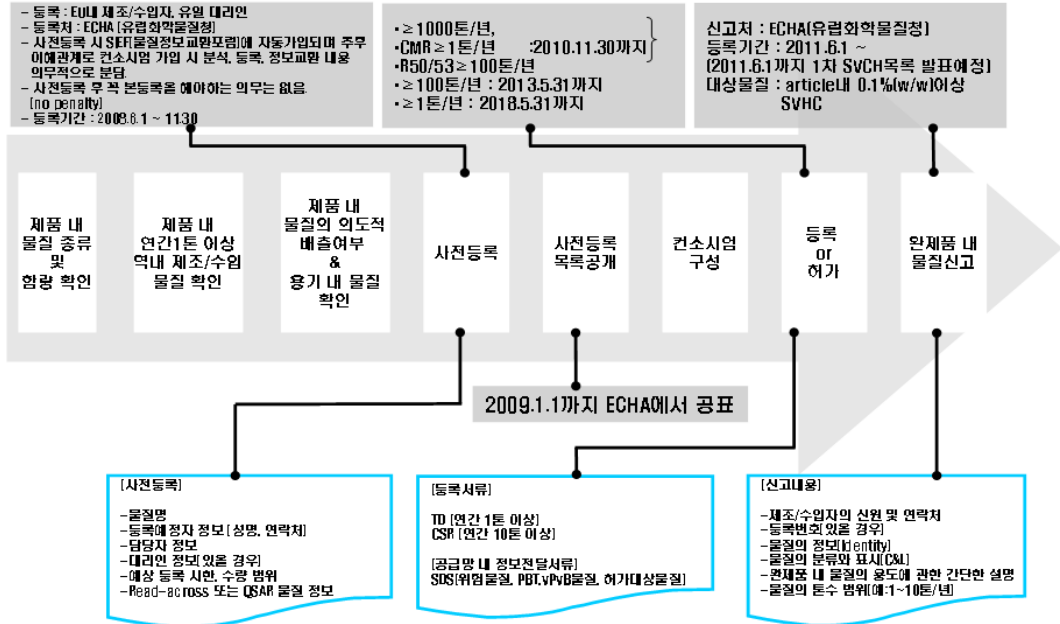


Figure 11. REACH Guideline (출처: 한국전자산업진흥회)

첫째, 기업 내 REACH 전담인력과 전담부서를 두어야 하며 전담부서와 지원부서(구매, 개발, 영업 등)간 유기적인 업무 협조체제를 구축해야 한다.

둘째, 기업의 대 EU 수출품목이 REACH 법규상 어떤 분류(물질, 혼합제, 완제품 등)로 정의되는가와 각 분류별 의무요건, 면제·예외규정을 확인하여야 한다.

셋째, 법규 정의상 완제품으로 분류될 경우, 의도적·비의도적 배출여부 및 용기 내 물질(단일·복합) 여부를 확인하여야 한다. 의도적 배출여부에 따라 사전등록 및 등록대응이 면제 가능하며 시간/비용효율적인 대응이 가능하다. 일 예로 타이어의 경우 완제품이고 비의도적인 배출물질로 확정되어 사전등록 및 등록대응이 필요 없으며 2009년 이후 신고 및 허가대응만 하면 된다.

넷째, 대 EU 수출품 내 모든 화학물질을 파악하고 각 물질별로 연간 대 EU 수출량을 계산하여 사전등록 대상물질 분류 및 각 물질별 등록 유예기간을 확인한다.

다섯째, REACH 대응비용과 장기적 EU 수출을 통한 이익의 손익분석을 통해 수출을 유지할 것인

지 포기할 것인지 등의 기업의 경영전략 수립 및 사전등록/등록 물질을 확정해야 한다.

여섯째, 확정된 물질에 대한 REACH 적용 대상 화학물질의 인벤토리를 작성하고 사전등록 준비에 전력을 투입해야 한다.

일곱째, 기업체가 기 확보한 기존의 안전보건, 유해성 관련 데이터를 수집, 보관하고 REACH 법규상 가용자료를 분류/활용한다.

여덟째, REACH의 법률, 행정적인 대응은 EU 내 거주하고 있는 법인, 수입자, 유일대리인 등으로 제한하고 있어, EU 내 법률적 수행자를 선정해야 한다. 비용효율 및 기업기밀 유출에 대한 문제 등을 고려하여 면밀한 법률적 검토와 계약이 수반되어야 한다.

아홉째, REACH IT System에 익숙해져야 한다. 사전등록, 등록 등 모든 대응 시 서류작성을 위한 IT 기술의 축적과 전문가가 되어야 한다.

열째, REACH 법규는 발효되었지만 법령 개정 및 세부법령 제정은 진행 중이다. 따라서 꾸준한 정보입수로 최신법령을 확보하고 선진업체의 대응동향을 파악해야 한다.

#### 4. 결 언

EU는 물론이고 전세계적 제품환경규제는 단순히 유해성 화학물질의 규제를 넘어서 인간의 건강과 환경보호라는 명제아래 화학물질 전반에 대한 관리·규제, 대체물질 개발요구 등으로 환경규제가 점차 강화되고 다변화되고 있다. 기업에 기술적 요구가 강화되고 그것이 제품경쟁력에 영향을 미칠 수 있는 원인으로 작용하여 강력한 기술적 무역장벽으로 작용하고 있으며 향후 더 심화될 것이다. 특히, 기업의 가치창출을 위해 단순히 환경규제를 대응할 수 있으나 보다는 어떻게 시간·인력·비용 효율적으로 대응할 것이냐는 것에 대해 방안을 확보해야 한다. 기업의 입장에서는 이런 시대적 흐름이 위기임이 자명하지만 다른 한편으로는 능동적이고 적극적인 대응을 통해 제품경쟁

력을 확보하고 대 EU 시장을 판로를 확보하고 확장할 수 있는 기회로 삼아야 할 것이다.

본고에서 언급한 EU PAHs 사용규제지침 및 REACH 법령은 개별기업차원에서의 수동적인 대응만으로는 효율적인 대응이 어려운 것이 사실이다. 수동적인 자세를 탈피하고 환경문제를 기업성장 전략차원에서 접근하여야 한다. 개별기업 차원에서는 연구개발·생산·구매·안전·환경·영업 등 관련부서간 협업체계를 유지하고 전사적 차원에서 대응체계를 구축하여야 하며 이를 시스템화해서 꾸준히 관리·보완해야 할 것이며, 나아가 협력업체·원자재 업체 등 관련 산업계와의 협력체계를 구축하여 지속적인 정보공유를 통해 환경규제 대응의지를 고취시키고 공동 대응을 통한 상생의 길로 나아가야 할 것이다.