

# 고기능성 (高機能性) 고무

김 대 영 · 하 창 식 · 조 원 제

## 1. 서 론

고무는 본래 탄성체로서의 기능을 가지고 있지만 고기능성 고무란 고무 자체가 가지고 있는 특성에 감광성, 도전성, 생체 적합성 등의 특수한 성질을 갖도록 만든 고무를 말한다.<sup>(1)</sup>

표 1에서는 고무를 함유한 고분자의 여러가지 기능을 분류했다. 본 총설에서는 그 중에서도 감광성, 도전성, 의료용을 중심으로 다루고자 한다. 고기능성 고무의 합성에는 monomer의 단계에서 기능을 부여하여 고분자화하는 방법, 기존 고무에 적당한 고분자 반응을 응용하는 방법 또한 blending에 의해 기능을 도입하는 방법, 기능성 재료에 고무 탄성을 부여하는 방법 등이 있다. 일반적으로 고무가 산 현 상황에서는 주로 고분자 반응을 응용하지만, 기능을 보다 향상 시키는 데는 base로 된 고무자체의 분자량, 분자량 분포 등의 설계도 필요로 하게 된다. 한편, 기능성 재료에 고무 탄성체를 부여하는데 있어 고기능성 고무의 합성을 이용하기도 한다. 이를테면 의료용 재료에서의 불소 수지에 대한 불소고무 polymethylmetacrylate계 hard contact lens, poly-n-butylacrylate계 soft contact lens 등을 예로 들 수 있다.

부산대학교 공과대학 고분자공학과

表-1. 기능성의 분류

화 학	내약품성(내유성), 내후성, 고분자 촉매, 이온교환, 물질투과, 화학발광
열	내열성, 내한성, 난연성, 고열전도 집전성, 온도 sensor
역 학	방진, 흡음, 고탄성율, 고강도, 압전성
광	투명성, 선택투과성, 굴절율제어, 비선형 광학
방사선	내방사선, X선 전자선 resistor, 발광 (CRT, PDP)
전 기	절연성, 도전성, 고체전해질, 광전도, 초전도
자 기	자기 테프, 유기자성체
의 용	조직적합성, 항혈전성, 인공생체 재료, 고분자 의약, 고정화 효소, biosensor

## 2. 감광성 고무

### 1) 감광성 고무 개론

감광성 고무는 화상 형성 재료로서 인쇄분야나 집적회로(integrated circuit : IC) print 배선기판 등 전자부품의 제조에 이용되고 있다.

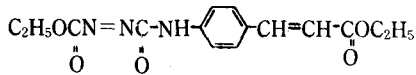
감광성 고무에 요구되는 특성은 감도(노광량), 해상도, 내구성, 내부식성 등이 있는데 이러한 특징은 Tg가 낮기 때문에 감도가 높은 것<sup>(2)</sup>, 성막성이 좋은 것, 기판에 잘 밀착되는 것, 요철에 잘 따르는

것 등으로 나타난다. 감광성 고무는 고무에 감광제를 첨가한 것과 고무를의 구조 중에 감광성기를 도입한 것으로 크게 구별된다. 감광제로서는 방향족 diazo 화합물, 방향족 azido 화합물, 유기 halogen 화합물 등이 이용된다. 이것들은 광반응에 의해 radical, nitrene, cation을 생성하여 고무를 가교시킨다. 감광성기의 예를 표 2에 나타내었다.<sup>(3)</sup>

表-2. 대표적인 감광성기

Cinnamyl	$\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-$
Cinnamoyl	$\text{CH}=\text{CH}-\text{CO}-$
Cinnamylidene	$\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{}$
Acryloyl	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CO}-$
Allyloxy	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-$
Allylester	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CO}-$
Azido	$\text{N}_3-$
Diazo	$^+\text{N}_2-$
Dithiocarbamate	$>\text{N}-\text{CS}-\text{S}-$

주로 광이량화 반응에 의한 가교를 이용하고 있다.



대표적 감광성기에 있어 cinnamyl기는 carbonylazoformate와 NR을 단순히 혼합한 것만으로 도입되고 있는데 감광을 향상시키려는 목적으로 감광성기를 다량으로 도입하면 Tg가 상승하고 오히려 감도의 저하를 초래하므로 주의해야 한다. 감광성 고무의 2대 용도는 감광성 인쇄판과 IC 제조용 photoresistor가 있다.

### 2) 감광성 Flexographic 인쇄판

감광성 고무를 이용하여 negative에서 직접 노광하여 얻어진 고무 판은 해상력이 높고 인쇄정도가 좋으므로 고급 인쇄에 적용하고 있는데 탄력성이 있어 조잡한 면에도 선명한 인쇄를 할수 있으므로 이의 특징은 대량 고속 인쇄의 신문 인쇄에서 사용하고 있다. 고무계 flexographic 인쇄판 재료로서는

주로 SIS, SBS, polyurethane, NBR, IR 등이 이용되어 있는데 일본 합성 고무는 물로서 현상하고 동시에 수성 잉크에 견디는 고무계 인쇄판 재료를 시판했다. 아크릴계의 고무도 신문인쇄에 응용된다.'

그림 1은 이것에 의해 제작한 인쇄판을 나타내었다.

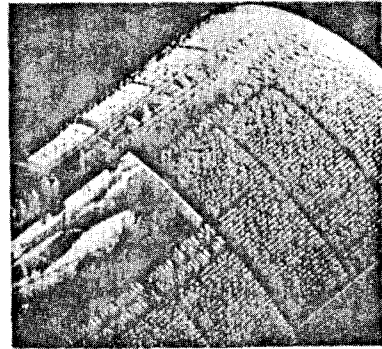


그림. 1. 신문 flexographic 인쇄판용 재료

### 3) Photoresistor

IC 대규모 집적 회로(LSI)등 반도체 소자를 제작할 때 미세가공에 이용된 감광성 수지를 photoresistor라 부른다. Photoresistor에는 노광부가 가교 불용한 negative resistor와 노광부가 가용화 또는 분해한 positive resistor가 있는데 고무계 photoresistor는 일부분을 제거한 negative resistor이다. 그림 2에 미세 가공공정을 나타내었다. 고무계 photoresistor는 현상시에 표면이 미끄러워 해상도가 낮게 되는 약점이 있는 반면 도막이 강인해 밀착 노광에 적합하므로 대량으로 사용되고 있다. 근년에는 집적도를 더욱 높이기 위해서 초미세가공을 필요로 하기도 한다. 조사선 source도 종래의 UV(광의 photoresistor)에서 deep UV, 전자선, X선 등의 이용으로 발전되고 있어 그것에 대응한 resistor가 개발되고 있다.

#### (1) Negative형 photoresistor

NR, IR, BR의 고리형 화합물에 감광제를 첨가한 것이 이용되고 있는데 NR은 gel의 문제로 거의 사용되지 않는다. IR의 고리화(cyclization)는 염화수

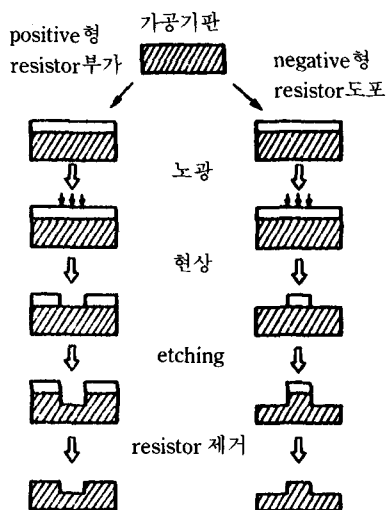


그림. 2. 미세 가공 공정 가공기판

지 등의 루이스 산을 이용하며, BR의 고리화는 유기 할로젠 알루미늄을 이용함으로써 가능하다. 고리화율(% cyclization)을 높게 하면 Tg가 높게되어 감도가 저하하므로 최적 고리화율을 요한다. 그림 3은 BR의 고리화율과 감도의 관계를 표시했는데 60% 부근이 최적이다. IR의 경우 고리화율은 80% 이하가 좋다. 표 3에는 시판되고 있는 대표적 고무계 photoresistor를 나타내었다. 감광제는 그림 4에 표시한

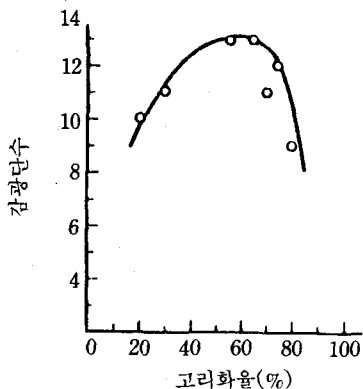


그림. 3. 고리화 cis-1,4-polybutadiene의 고리화율과 감도의 관계

表-3. 시판되고 있는 고무계 Resistor

상 품 명	회 사 명
JSR CBR-M 901	日本合成고무
JSR CIR 701~709	〃
OMR 83. 87	東京応化工業
OMR 83-SS, SR, UR	〃
Isopoly HD	Micro-image Tech.
Kodak Micro Resistor 747	Eastman Kodak
Kodak Micro Resistor 752	〃
Selctilux N	Merck
Waycoat IC	Hand Chemical
Waycoat SC	〃
Waycoat HR	〃
Waycoat HNR 999	〃

바와 같은 bisazido형이 이용되고 있다. 고무계 negative형 photoresistor의 해상도는 실용상 3 $\mu$ m 정도이고 더욱 높은 고해상도가 요망되지만 그것을 해결하는 한가지 방법은 분자량 분포가 좁은 고무를 이용하는 것이다. 그림 5에 일본 합성 고무의 poly-isoprene계 photoresistor의 제조 공정을 나타내었다. 사용된 IR의 분자량 분포는 통상의 IR에 비교해 좁아 실용 해상도가 1.5 $\mu$ m에 달하고 있다. 분자량 분포를 단 분산으로 가까이 하면 해상도는 1 $\mu$ m가 가능하게 된다.<sup>(4)</sup>

고무계 negative photoresistor는 해상도를 거의 없애는 특성에 있어 우수하다. 고해상도를 달성하기 위해서는 분자 설계와 같은 기초적 연구가 필요하다<sup>(5)</sup>

(2) Positive형 photoresistor

고무계 positive형 photoresistor는 거의 볼 수가 없다. 일반적으로 크레졸, Novolak수지에 퀴논아지드 화합물을 첨가한 것이 사용된다. UV 조사에 의해 alkali 가용성으로 된 것을 이용하고 있다. 해상도가 높고 1M bit에 대응할 수 있는데 피막이 부서지기 쉬운 것이 결점이다. 피막이 강인한 positive형 photoresistor를 얻으려면 고무 탄성을 부여하는 것이 하나의 수단으로 되는데 예를 들면 광분해성 polyisoprene계 고무에서는 UV에 대하여 감

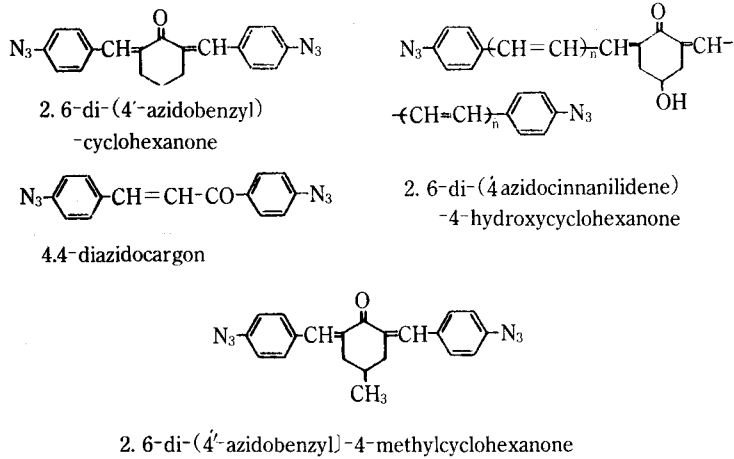


그림. 4. Bisazido형 감광제

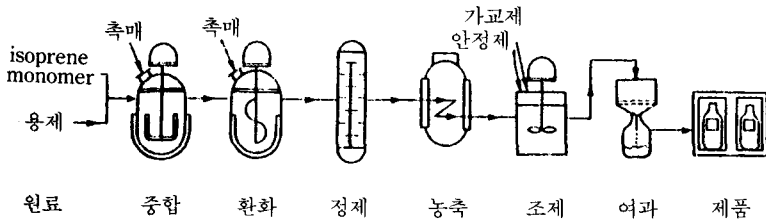


그림. 5. Polyisoprene계 photoresistor의 제조 공정

도가 낮다.

(3) Deep UV resistor

광흡수의 극대 peak가 단파장 자외선 영역에 걸쳐 있는 방향족 bisazido를 고리화 고무에 첨가한 것은 고무계 negative형 deep UV resistor로 된다. Deep UV는 파장이 짧고 고에너지 이므로 해상도는 높게 되고 1 $\mu$ m의 해상이 가능하다. Polymetacryl산 methyl, polymethylisoprenevinylketone 등의 광분해성 polymer는 positive형 deep UV resistor로 된다.

(4) 전자선 resistor

파장 17 $\mu$ m이하의 전자선을 source로 하면 0.1  $\mu$ m의 고해상이 가능하게 된다. Mask 없이도 미세 가공이 될수 있다는 특징이 있고 크롬 mask(노광 mask로서 사용된다)의 제작에 사용되고 있는 IC 직접 제작에도 일부 사용되고 있다. Photoresistor는 마찬가지로 negative형과 positive형이 있다.

고무계 negative형 전자선 resistor로서는 에폭시기를 도입한 polymer 종류가 감도가 좋다. 표 4에 고무계 전자선 resistor의 예를 나타내었다. 에폭시화 폴리부타디올의 감도는 BR보다 10~100배 높은데 에폭시기의 전자선에 의한 개환 및 가교 반응을 이용하고 있다. 에폭시기의 양에 의해 감도를 조절하고 있다. 해상도와와의 관계에서 감도는 10<sup>8</sup>c/cm<sup>2</sup> 정도가 적당하다.<sup>(6)</sup> 고무계 positive형 전자선 resistor로서 IIR, IR 등 UV에서는 감응하지 않고 분해되는 고무가 사용 가능하다. 폴리메타아크릴산 메틸의 해상도가 높으므로 그것과의 공중합이 연구되고 있다. 현재 시판되고 있는 positive형 전자선 resistor의 대다수는 metacrylate계 인데 positive형 photoresistor도 내부식성이 높으므로 polymethylbenzensulfone을 혼합하여 사용한다.

表-4. 고무 원료의 전자선 Resistor

Resistor	Tape	감도(c/cm <sup>2</sup> )	현상액
Epoxy화 1.4-polybutadiene	N	5×10 <sup>-9</sup>	Dichlorohexanol
〃	N	5×10 <sup>-7</sup>	Dioxane/butanol
〃	N	4×10 <sup>-9</sup>	Ethanol/butanol
Epoxy화 polyisoprene	N	5×10 <sup>-8</sup>	Dichlorohexanol
Methyl vinyl siloxane	N	8.8×10 <sup>-7</sup>	착산 isoamine
Polybutadiol	N	2×10 <sup>-6</sup>	Toluene
Polyisobutylene	P	5×10 <sup>-5</sup>	Benzene(7)/dichloroethylene

表-5. Polybutadiol계 resistor의 전자선 감도와 X선 감도와의 비교

Resistor	tape	전자선 감도		X선 감도 J/cm <sup>3</sup> (X)	X선노광 시간(초)	감도비 E/X
		c/cm <sup>2</sup>	J/cm <sup>3</sup> (E)			
Polybutadiol	N	2×10 <sup>-6</sup>	65	20	-	3.2
Epoxy화 polybutadiol	N	1×10 <sup>-7</sup>	3	1	15	3.0

### (5) X선 resistor

X선이 물질에 영향을 주는 화학적 작용이 전자선과 마찬가지로 것처럼 전자선 resistor는 그대로 X선 resistor로서 사용한다. X선에는 회절이나 산란에 의한 해상도의 저하가 문제이지만 고해상도의 가공이 가능하다는 특징이 있으므로 가까운 미래에 실용화 될 것으로 생각된다.

표 4의 고무계 resistor는 X선 resistor로서도 사용할 수 있다. 표 5에 BR과 에폭시화 polybutadiol의 X선 감도를 비교하여 나타내었다. X선 resistor에 X선 효율을 양호하게 흡수하여 내각전자를 방출한 바와 같은 F, Cl, S, Fe, Pb 등을 도입하면 감도가 크게 향상된다. 반도체의 집적도 향상을 위해서는 보다 미세한 가공이 필요하다.

## 3. 도전성 고무

### 1) 도전성 고무 개론

고무는 일반적으로 체적 고유저항이 10<sup>10</sup>Ω·cm 이상의 절연재료인데 금속, 탄소 등의 도전 재료를 분산시키는 것에 의해 도전성 고무로 된다. 처음에는

절연 파괴를 방지하는 대전 방지제로서 이용되었는데 electronics 기술의 발전에 의해 도전성 고무는 접점재료 도전성 접착제 등 다양한 목적에 이용될 수 있게 되었다. 도전성 고무와 고무 분자 중에 도전성 분자 구조를 도입한 반도체계 도전성 고무이다. 고무 중에 carbon black이나 금속 입자등의 도전성 filler를 분산시킨 분산 복합계 도전성 고무로 대별된다.

### 2) 반도체계 도전성 고무

고분자 반도체로서 polyacetylene, polyaniline등이 알려져 있는데 거의 경질 polymer이다. 여러가지 전기 특성이 조사되고 있고 금후에 발전이 기대된다.<sup>(7)</sup>

### 3) 분산 복합계 도전성 고무

분산복합계 도전성 고무(이하 이것을 도전성 고무로 기술한다)의 도전성은 그림 6에 표시한 바와 같은 종류의 요인에 의해서 변화된다. 특히 중요한 것은 도전성 filler의 전기적 특성이다.<sup>(8)</sup>

표 6에는 도전성 고무의 체적 고유저항, 용도, 구성 재료를 분류했다. 그중 중요한 실용화 예를 설명하기로 한다.

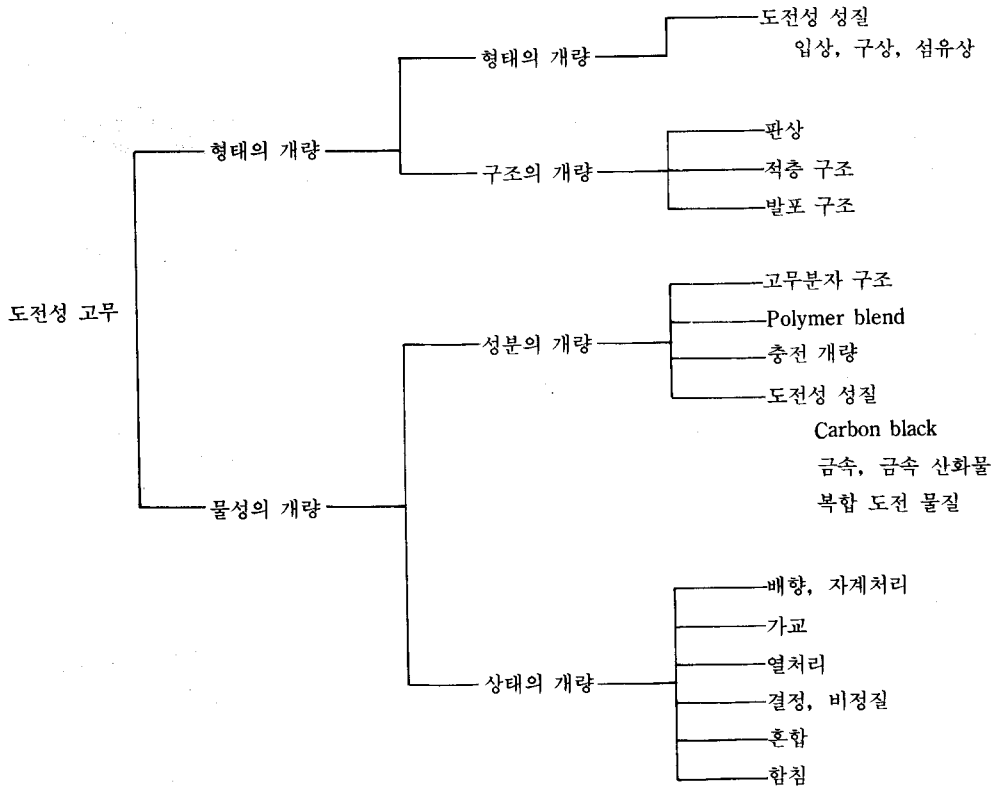


그림 6. 도전성 고무의 개발 요인

表-6. Elastomer에 사용되어지는 의료용 재료

재료 분류 (체적고유저항)	실용화 예	구성 재료	
		Matrix	Filler
반도성 재료( $10^7 \sim 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ )	저저항 밴드	니트릴 고무계 도료	금속 산화물
대전방지 재료 ( $10^4 \sim 10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>비대전 conveyor belt</li> <li>의료용 고무 제품</li> <li>도전 tyre</li> <li>잔여용</li> <li>IC 수납 case</li> <li>방적용 Roll</li> </ul>	고무 플라스틱	카본 블랙 금속 분말
도전성 재료( $10^0 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>탄성 전극</li> <li>과전류</li> <li>가열용 element</li> <li>과열장비소자</li> </ul>	실리콘 고무 플라스틱	카본 블랙 금속 분말
고도전성 재료 ( $10^3 \sim 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ )	<ul style="list-style-type: none"> <li>전자파 디올 재료</li> <li>도전성 재료</li> <li>접착제(회로 형성용, 전자파 디올용 등)</li> <li>도전성 고무(각종 키보드 스위치)</li> <li>이방 도전성 고무(connector 소자)</li> <li>가압 도전성 고무(스위치 소자)</li> </ul>	실리콘 고무 플라스틱	카본 블랙 금속 분말 탄소 섬유 금속 섬유 금속 섬유

(1) 과전류, 과열 방지 입자

도전성 filler로서 carbon black을 이용하면 적절한 저항 온도 계수를 가진 발열체(PTC 발열체)가 얻어진다.<sup>(9)</sup> PTC 발열체에 전류를 통하면 처음엔 저저항 때문에 큰 전력이 얻어지나 온도의 상승에 따라서 저항치가 증대하여 전력이 저하된다. 최종적으로 전류, 온도는 일정하게 된다. 이와 같은 도전성 고무는 과전류, 과열방지 소자로서 실용화 되고 있는데 이의 특성은 발열체로서도 유용하다. 발열체는 상온방, 동결방지 전자기기의 결로 방지 등에 응용범위가 넓게 되어 있다. 고무의 종류는 별도로 따질 순 없지만 내구성의 면에서 EPDM, 실리콘 고무, 불소 고무 등이 적당하다.

(2) 가압 도전성 고무(PCR)

가압에 따라 절연 상태에서 도전 상태까지 저항치가 변화하는 고무가 가압(또는 강압) 도전성 고무이다. 구체적으로 그림 7에서 표시한 바와 같이 눌렀다가 떼어내면 도전성이 사라지는 스위치 기능을 갖는다. 도전성 filler로서는 주로 carbon black 또는 금속입자가 이용된다. 고무는 실리콘 고무가 많이 이용되고 있다. 실리콘 고무는 내 환경성이 좋고 오염원이 되는 불순물이 없다. 절연성과 내전압성이 우수한 특징이 있다. 그림 8에 가압 도전성 고무(JSR PCR)의 압력-저항의 관계를 나타내었다.

어떤 힘까지는 절연상태로 일정 이상의 힘을 가하면 도전 상태가 된다. 그림 9<sup>(10)</sup>에 나타낸 바와 같이 자장처리에 의해 구상 금속입자를 분산 배열시킨 실리콘 고무와 같은 ON-OFF 동작형 PCR은 키보드용 스위치 소자 카메라 오디오 등의 소형 스위치로 응용되고 있다.

또한 압력을 신호로서 받아내는 응용 예로서, 방법 정보용 sensor, pool의 touch면의 sensor 등이 있다. 한편 carbon black 배합물은 힘의 크기에 반응하여 저항치가 연속적으로 변화하는 가변 저항성 가압 도전성 고무이다. 또한 흑연도 이용되는데 종류, 배합조건에 의해 재료 거동이 다르므로 목적에 따라 선택된다.<sup>(12)</sup> 가변 저항성 도전성 고무는 압력 sensor로서 차종 판별용 sensor 등으로 이용된다.

(3) 이방 도전성 고무

도전 특성을 갖는 이방성의 고무를 이방 도전성

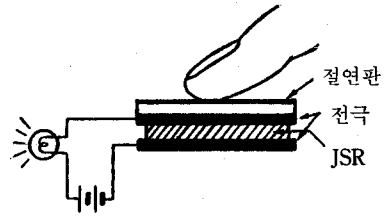


그림. 7. 길이 방향의 사용방법

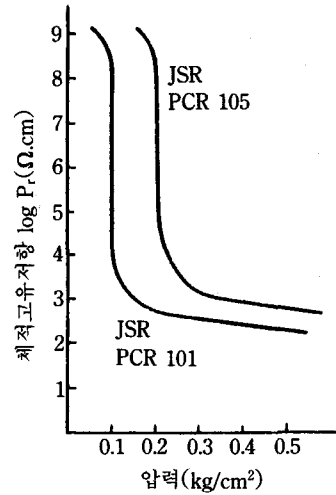


그림. 8. JSR PCR의 압력 저항 관계

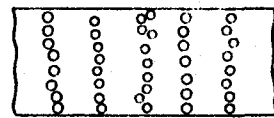


그림. 9. 도전성 filler 배열형 도전성 고무.

고무라 한다. 도전부와 절연부를 서로 서로에 적층한 것, 금속 섬유나 탄소 섬유를 삽입한 뒤 연신 등의 수단에 의해 배열한 것, 금속 입자들을 배열한 것 등이 있다. 도전 특성의 이방성을 소생시켜 전자기구 간의 미세한 connector로서 응용된다. 그림 10에 적층용 connector의 예를 나타내었다.

이와 같은 connector는 1mm 이하의 미세한 전극

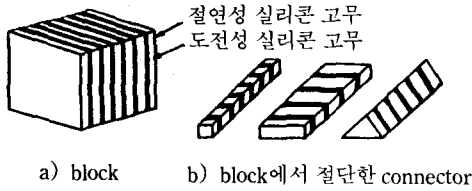


그림. 10. 적층용 Connector

pitch에 용이하게 사용할 수 있다.

또한 고무로 되어 있으므로 흡수능이 있고 전극과의 안정한 촉매가 얻어진다. LSI와 print기판 간의 접속, print기판 간의 접속에는 보다 저항치가 작은 connector가 필요하고 그림 9에 표시한 바와 같은 금속 입자를 배열한 이방 도전성 고무나 도전성 섬유를 배열한 것이 개발되고 있다.<sup>(13)</sup> 금속 입자를 배열한 이방 도전성 고무는 print 기판 검사 기구에도 실용화 되고 있다. 도전성 고무는 그의 연화성, 밀착성 등의 특성을 응용하여 전자파 심도 벨트, roll의 정전기 제거 도전성 접착제 등에 크게 응용될 것으로 기대된다. 다만 실리콘 고무에 한정되고 있는 경향이 있다. 실리콘 고무는 전술한 바와 같이 우수한 성능을 가지고 있는데 전기적 강도, 내유성 등에 부족한 면도 많다. 금후 용도에는 high polyurethane, fluorosilicone 등의 고무가 검토되고 있다.

#### 4. 의료용 고무

##### 1) 의료용 고무 개론

의료용 재료에 있어 고무의 비중은 크다. 혈액에 관계된 용도에 이용된 고무는 거의 polyurethane과 silicone이다. 본질에서는 이것들을 중심으로 기술했다. 그리고 표 7에 사용되고 있는 의료용 재료를 나타내었다.<sup>(14)</sup>

##### 2) Polyurethane

1967년에 polyurethane 탄성 섬유 Lycra<sup>®</sup>이 의료용 재료로서 시험된 이래<sup>(15)</sup> 그의 우수한 물성과 항혈전성이 주목되어 현재에는 혈액 적합성과 탄성, 내피로성이 요구되는 용도에서는 거의 polyure-

表-7. Elastomer에 사용되어지는 의료용 재료

분 류	Elastomer
• 생체조직에 직접 접촉하지 않는것	
· Vial	MQ* <sup>1</sup> NR* <sup>2</sup>
· 주사기	SR* <sup>3</sup>
· 고무구	NR, SR
• 피부접막에 접촉하는 것	
· 손장갑, 손가락장갑	NR
· 위생봉투	NR
· 접착 tape	NR, SR
· 창면 보호제	MQ
· 점포제	NR, SR
· 인공귀, 인공코	NR, MQ, U* <sup>4</sup>
· 콘택트렌즈	MQ
· 기관튜브	NR, SR
• 일시적으로 생체조직에 접촉하는 것	
· 혈액회로	MQ
· 인공폐용막	MQ
• 체내에 장기간 이식되는 것	
· 인공폐, 인공심장, 유착방지제	MQ, U
· 인공유방, 인공지방	
· 인공복막, 인공각막	MQ
· 인공뇨관, 뇨도, 방광	
· 인공식도, 인공기도	MQ, NR
· 인공근	MQ
· 그외	MQ

\*1 : MQ 실리콘 고무      \*2 : NR 천 연 고무

\*3 : SR 합 성 고무      \*4 : U 폴리우레탄

thane이 검토되고 있다.

##### (1) Segment Polyurethane

Polyurethane 중의 hard segment와 soft segment가 mirror 상분리 구조에 대한 혈장 단백질의 선택 흡착<sup>(16)(17)</sup>이라는 개념으로 해석되고 있다. Mirror상분리의 구조와 크기등이 지배적인 인자로 알려지고 있는데 상세한 것은 불분명한 점이 많다. Soft segment 종류의 영향에는 항혈전성이 좋은 분자량이 다음과 같이 구해져 있다.<sup>(18)</sup>

PPG : 100, PTMG : 1900, PEG : 1000이하다.



한편 Hard segment의 영향도 쇠 연장제로서 diamino  $H_2N-(CH_2)_n-NH_2$ 를 이용하여<sup>(19)</sup> 조사되었다.  $n=3$ 일 때 최고로 혈전성이 떨어지며<sup>(20)</sup> mirror상 분리구조가 불완전하다고 보고되어 있다.

### (2) 불소를 함유하고 있는 Segment화 Polyurethane(FPU)

FPU는 불소를 함유한 diisocyanate  $OCN-CH_2(CF_2)_n-CH_2-NCO$ 를 이용한 것에 비해 hard segment의 친수성을 높이고 mirror상 분리구조의 형성을 완전히 하고 있다.<sup>(21)</sup> Cardiothane<sup>®</sup>보다 우수한 항혈전성이 얻어지고 항혈전성 의료용 고무로서 유망하다. 불소를 함유한 쇠 연장제도<sup>(22)</sup> 검토되고 있는 바와 같이 금후 FPU는 불소계 polymer와 polyurethane의 특징을 겸비한 것으로 연구 개발이 진전되고 있다.

### (3) 기타

KIII-2는 Cardiothane<sup>®</sup>와 조성적으로 동일한데 polydimethylsiloxane 부분은 IPN 구조를 가지고 있으며 보다 균일하고 세세하게 분포하고 있다. Segment화 polyurethane의 mirror상 분리구조로 Cardiothane<sup>®</sup>과 거의 유사하거나 그 이상의 항혈전성을 나타내는 점이 주목할 만하다.<sup>(23)</sup> 항혈전성 발견의 구조는 아직도 불분명한 점이 많다. Polyurethane은 의료용 silicone 고무에 비교하여 용혈성, 세포독성이 높는데 polydimethylsiloxane을 도입함으로써 크게 개선이 되었다.

## 3) Silicone 고무

의료용 고무로서의 silicone 고무는 거의 polydimethylsiloxane이 대상으로 되고 있다. 이하 단순히 silicone 고무라 하는 경우는 polydimethylsiloxane을 가르킨다.

### (1) Silicone 고무의 생체 적합성

이식한 silicone 고무는 생체에 대해 거의 불활성인 것이 통설로 되어 있다.<sup>(24)</sup> 이 성질에서 silicone 고무는 우선 인공 유방, 인공귀, 인공코 등 트리클리세린이 흡수되기 쉽고 특히 반복반응에 걸리어 인공폐 등에는 물성 저하를 초래한다. 또한 흡착된 혈장 단백질은 알부민 이외는 변질하기 쉽다고 알려져 있다.<sup>(25)</sup>

### (2) Silicone 고무의 응용 예

인공장기로서 인공 방광, 인공뇨관, 테프론에 보강한 인공 근육등이 응용되고 있다. 화상 치료 재료로서 실리콘 고무와 collagen의 복합막이 사용된다. Silicone 고무는 인공피부로 까지 발전하고 있다.<sup>(26)</sup>

실리콘 고무의 특징의 하나는  $O_2$ ,  $CO_2$ 의 투과계수가 큰 것이 있는데 이의 성질을 이용하여 막형 인공 장기 등에 응용하고 있다. 실리콘 고무는 강도가 적고 박막이 불가능하다는 문제가 있다. 실리콘 고무는 그외 치과인상재, contact lens, 약제에 사용되고 있다.

### (3) Silicone 고무의 개량

항혈전성을 향상시키는 여러 종류의 시험이 행해지고 있다. 흥미로운 것은 실리콘 고무 표면에 block 중합에 의해 하이드로겐층을 도입하면 항혈전성이 부여된다. 아크릴 아미드, 아크릴 산 히드록시 메틸, 메타 아크릴레이트 등이 graft 중합<sup>(27)</sup>되고 있다. 실리콘 고무를 알부민으로 피복하여도 그와 유사한 효과를 확인할 수 있다. 또한 헤파민 등의 결합도 검토되고 있다.<sup>(28)</sup> Polydimethylsiloxane의 methyl의 일부를 butyl, trifluorobutyl로 바꾸면 항혈전성이 향상된다. 특히 fluorosilicone고무는 강도도 높고 종래의 silicone고무에 대체하여 널리 이용되고 있다.

### 4) 기타 의료용 고무

불소고무, fluorosilicone고무, fluorophosphagen 고무 등의 고성능 고무가 의료용 재료로서 검토되고 있다. 의료용 재료를 크게 분류하여 다음 2가지 조건을 구비하도록 한다.

#### ① 용도에 대한 기능성

#### ② 생체 적합성의 안정성

의료용 고무도 이 조건을 만족하기 위해 향상되어 왔지만 아직도 완전하게 안전하다고는 말할 수 없다. 금후의 개량은 hybrid화 재료의 개발을 비롯하여 생체모방재료의 개발쪽으로 진행될 것으로 예상되고 그 과정에 있어 또한 고기능성 고무의 개발이 활발히 진행될 것으로 생각된다.

## 5. 요약

고기능성 고무로서는 이외 ion교환성 고무, 분리 기능성 고무, 담지용 고무, 감수성 고무등이 검토되고 있다. 본 총설에서는 표 1의 기능의 일부를 개설한 것에 지나지 않으므로 더 상세한 내용은 인용 문헌을 참조하기 바란다.

## 참고 문헌

1. 棚谷信三 : 日本ゴム協誌, 59, 320(1986)
2. 緒方直哉 et al. : 高分子論文集, 37, 213(1980)
3. 山下普三 : 日本ゴム協誌, 158, 281(1985)
4. 秋元 明 et al. : 電子材料, 22(12), 79(1983)
5. 讚井浩平 et al. : 日本ゴム協誌, 58, 35(1985)
6. 永松元太郎 et al. : 感光性高分子, p. 2, 講談社 (1977)
7. M. Watanabe, et al. : *Polymer, J.*, 14, 189(1982)
8. 日本ゴム協會誌 “導電性 고무と関連材料特集号”, 58(9) (1985)
9. 中山礦一 : 工業材料, 29(2), 18(1982)
10. 特開昭 58-152033
11. 永田正樹 : 日本ゴム協誌, 58(9), 604(1985)
12. 坂本龍治 : 日本ゴム協誌, 58(9), 588(1985)
13. 永田正樹 : 第1回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(東京), p. 90(1985)
14. 楼井靖久 : フアルマツア, 7, 335(1971)
15. J. W. Boretos, et al. : *Science*, 158, 1481(1967)
16. 岡野光夫 et al. : 化學の領域増刊, 135, 57(1982)
17. D. J. Lyman, et al. : *Trans. Am. Soc. Artif. Intern. Organs*, 20M(1974)
18. 高原 淳外 : 高分子論文集, 39, 203(1982)
19. A. Takahara, et al. : *Reports on Progress in Polymer Phymer Physics in Japan*, 25, 845(1982)
20. 村山 健 : 生本材料, 2, 15(1984)
21. 高倉輝夫外 : 有機合成化學協會誌, 42(9), 822 (1984)
22. 柏本 尚 : *Polymer Preprints Japan*, 34(3), 582(1985)
23. 大久保修和 et al. : 人工臓品, 14(2), 717(1985)
24. T. T. Daurova, et al. : *Polim, Med.*, 6, 7(1976)
25. G. W. Welch, et al. : *Surg. Gynecol. Obstet.*, 138, 521(1974)
26. I. V. Yannas, et al. : *J. Biomed. Mat. Rec.*, 14, 65(1980)
27. US. Atomic Energy Comm. : USP 3826678(1974)
28. R. G. Mason, et al. : *Biomater. Med. Dev. Artif. Organs*, 3, 57(1975)