

유기용제의 대사경로와 배설량비

본 종합정도관리사업 강습교재의 내용은 현재 일본에서 실시하고 있는 일본의 작업환경측정사에 대한 교육을 위한 교재로서 이 내용은 일본의 산업안전보건법과 그 시행령, 규칙의 개정에 따라 건강진단 및 환경측정 항목이 추가 또는 개정되었는 바 이의 실행에 있어서 측정치들의 정도를 관리하고자 하는 방안의 일환이다. 일본과 유사한 규정을 갖고 있는 우리나라에서 참고가 되겠기에 그 내용을 간추려 소개하는 바이다.

-편 집 실-

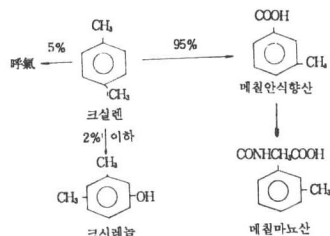
1. 유기용제의 대사경로에 대하여

8종의 유기용제 대사경로와 요증 대사산물은 다음과 같다.

톨루엔 : 요증 대사산물은 대부분 마노산으로, 일부는 O-크레졸로서 배설된다. 톨루엔으로 유래되는 마노산의 배설량은 많지만 톨루엔 비폭로자에 있어서도 요증의 안식향산에 유래되는 마노산이 0.3~0.5 g/l 존재한다.

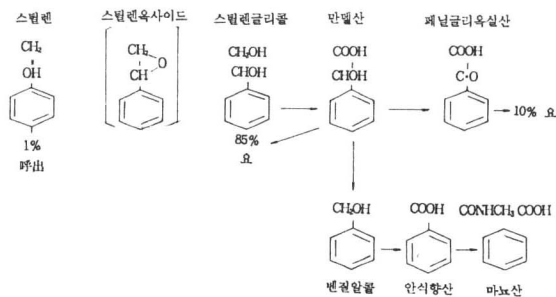
O-크레졸의 배설은 미량(100 ppm 상당농도로써 마노산의 2,500 분의 1) 이나, 안식향산에 유래되지 않고 또 톨루엔 비폭로자에는 극미량밖에 존재하지 않기 때문에 톨루엔 폭로의 보조적인 지표로 사용된다.

크실렌

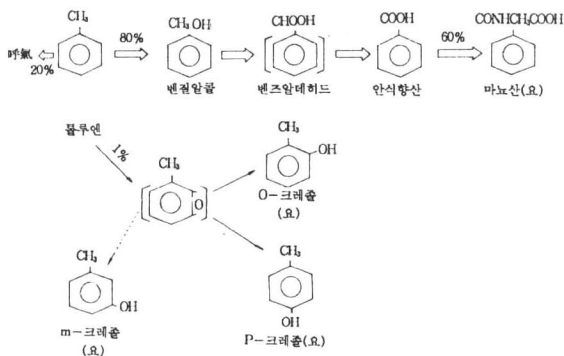


스틸렌 : 그 요증대사산물은 만델산, 페닐글리옥실산, 마노산이다. 만델산은 스틸렌 비폭로자에게 존재하지 않고, 또 화학적으로 안정하기 때문에 스틸렌 폭로의 지표로서 이용된다.

스틸렌



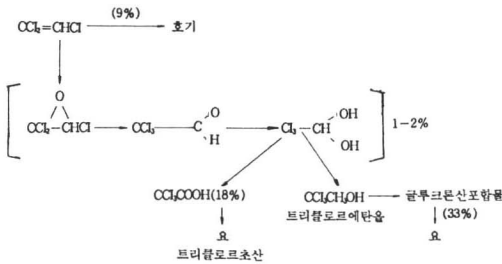
톨루엔



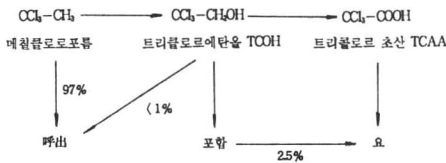
트리클로르 화합물

트리클로르에틸렌과 1, 1, 1-트리클로르에탄 ; 요중대사산물은 어느 것이나 트리클로르초산과 트리클로르에탄올(글루크론산 포함물)이다. 요중대사산물은 트리클로르초산, 트리클로르에탄올의 합, 즉 총삼염화물로서도 산출된다.

트리클로르에틸렌

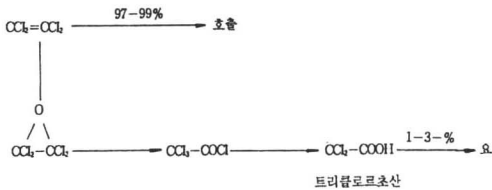


1, 1, 1-트리클로르에탄



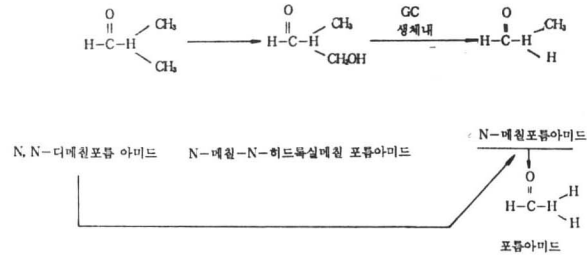
테트라클로르에틸렌 ; 요중대사산물은 주로 트리클로르초산이며, 트리클로르에탄올은 트리클로르 초산에 비해 극히 미량이다.

테트라클로르에틸렌



N, N-디메틸포름아미드 : 이것은 요중에 N-메틸포름아미드로서 배설된다고 한다. 최근 요중에는 일부가 N-메틸포름아미드로, 일부는 N-메틸-N-히드록시메틸포름아미드로 배설되며, 후자는 가스크로마토그래프 중에서 인공적으로 N-메틸포름아미드로 변환된다고 알려졌다.

N-N-디메틸포름아미드



n-헥산 :

a) 요중대사산물 : 2, 5-헥산디온, 2, 5-디메틸프렌으로, 신경독성이 강한 2,5-헥산디온은 요중대사산물의 측정대상이 되어왔다 [노말헥산 A]. 그러나 최근 Fedtke, Bolt 등(1987)은 요중 주요 대사산물은 4,5-디히드록시-2-헥사논이며, 일부가 유리 2,5-헥산디온으로 배설한다는 점을 밝혔다.

그리고 전자는 강산(염산, PH 0.5이하 100 °C, 30분)에 의해 2,5-헥산디온으로 변환한다고 보고하였다. 따라서 PH 0.1 또는 PH 0.5로 가수분해된 경우 2,5-헥산디온의 측정치는 오리지날 2,5-헥산디온 (Original hexandione)과 4,5-디히드록시-2-헥사논이 변환해서 2,5-헥산디온으로 된 것(인공변환 2,5 헥산디온 : artificial converted 2,5-hexandione)의 합으로 나타나는 점이 밝혀졌다(노말헥산B).

b) 참고치 : 미국 ACGIH의 BEI는 n-헥산 50ppm 상당치로는 5mg/l 이다 (가수분해시 조건이 PH 2.0 100°C, 30분이며, 오리지날 2,5-헥산디온과 일부의 인공변환 2,5-헥산디온을 측정한다).

독일의 BAT는 2,5-헥산디온과 4,5-히드록시-2-헥사논(2,5-디메틸프렌으로 변환된다고 가정된 계산치)의 합으로써 오리지날 2,5-헥산디온 및 전부의 인공변환치 9mg/ml을 이용하고 있다(가수분해시의 PH는 0.5이다).

C) n-헥산기중농도와 요중 2,5-헥산디온 농도의 관계와 참고치 : perbellini 등에 의한 작업 현장의 연구를 기초로 하고 있다. perbellini 등은 8시간교대근무를 마친후 채집한 요시료중 2,5-헥산디온농도의 폭로농도에 대한 상관관계를 보고하였다 [그림 1(A)].

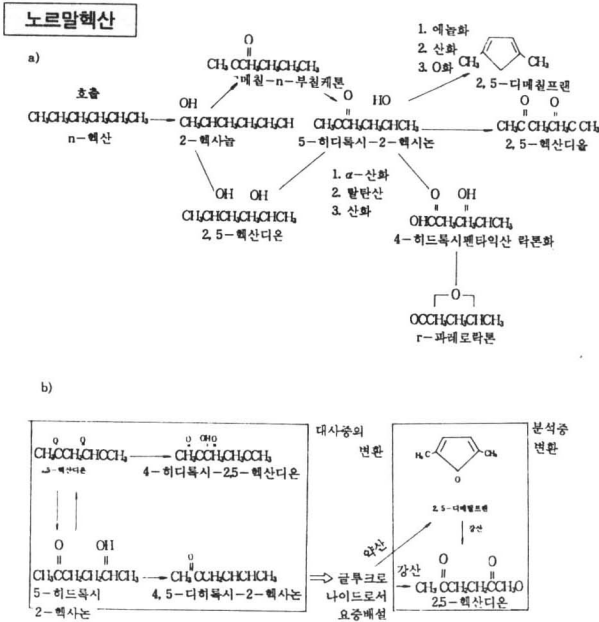


그림 1. 주요한 유기용제의 대사경로

(A) Perbellini et al 1981 ; (B) Fedtke, Bolt 1987

ACGIH의 BEI는 이에 의거하고 있다. 이 보고의 가수분해 조건은 염산으로 PH 2.0으로해서 100°C, 30분간 가수분해한다.[그림 2(A)]에 따르면 n-헥산 180mg/m³(TLV 50ppm)에 대응하는 2,5-헥산디온은 5.0mg/l이며, 또 n-헥산의 TLV에 상당한다. 2,5-디메틸플렌은 4mg/l이며, [그림 2(B)], PH 0.1로 가수분해하면 거의 오리지날헥산과 인공변환헥산(2,5-디메틸플렌 등)의 합으로 된다.

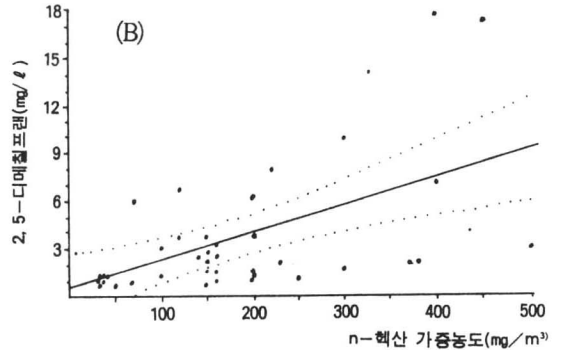
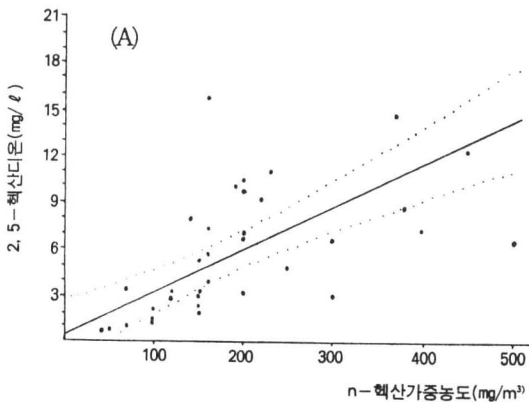


그림 2. n-헥산의 기증농도와 요중

(A) 2,5-헥산디온 농도와의 상관

$$(y=0.027x+0.49; r=0.6725)$$

(B) 2,5-디메틸프렌 농도와의 상관

$$(y=0.017x+0.59; r=0.5012)$$

[180mg/m³가 50ppm (TLV)에 상당한다]

BAT는 (PH 0.1로 하여) 2,5-헥산디온(5mg/1)과 디메틸 플렌(4mg/1)의 합으로써 9mg/1을 채용하고 있다.

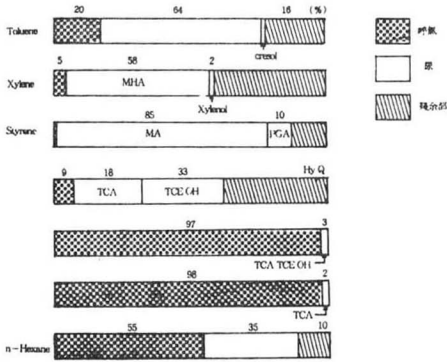
잠정적으로는 PH의 조정면에서 하기 쉽다는 점때문에 PH를 0.5로 하고, 안전역을 고려해서 5mg/1을 참고로 하는 것을 생각할 수 있다.

2. 유기용제의 배설량비

일반적으로 체내에 흡수된 유기용제는 비교적 많은 부분이 요중으로 배설되기 때문에 작업자의 흡수량 추정이 가능하며, dose monitoring에 쓰이고 있다.

그림 2은 유기용제가 생체내로 흡수된 양을 100%로 하고 용제의 호기중 배출, 대사물질로서 요중으로 배설된 양의 비율을 mol비로 나타낸 것이다(그림중의 잔여부는 측정시 이후의 배설에 의한 것으로 생각된다).

톨루엔, 크실렌, 스틸렌 : 톨루엔흡수량에 대하여 64%가 마노산, 크실렌은 58%가 메칠마노산, 스틸렌은 85%가 만델산으로서 요중에 배설된다.



HA : 마노산 PGA : 페닐글루쿠옥실산 1) 푼로후 일정기간까지의 집계
 MHA : 메칠마노산 TCA : 삼염화초산
 MA : 만델산 TCE OH : 삼염화메탄올글루쿠코나이트

그림 3. 유기용제의 배설경로와 배설량 (투여량비)

트리클로르화합물 :

a) 트리클로르에칠렌 : 트리클로르에탄올(글루크론산 포함물)로서 33%, 트리클로르초산으로 18%, 총삼염화물로서 51%가 요중에 배설된

다. 따라서 이런 대사산물로부터 기중농도의 추정이 용이하다.

b) 1, 1, 1-트리클로르에탄 : 요중배설은 총삼염화물로서 3%의 소량이다.

c) 테트라클로르에칠렌은 트리클로르 초산으로서 2%의 배설에 불과하다.

d) 혼합폭로 : 트리클로르에칠렌, 1, 1, 1-트리클로르에탄과 테트라클로르에칠렌의 3종 또는 그중의 2종이 혼합폭로일때에는 트리클로르에칠렌이 우위이므로, 트리클로르에칠렌, 1, 1, 1-트리클로르에탄, 테트라클로르에칠렌 작업장의 기중농도를 참고로 하는 것 외에, 요중의 용제를 측정하는 것도 보조적으로 쓸모가 있다고 생각된다.

n-헥산 ; 요중대사산물(2,5-헥산디온을 포함)로서 약 35%가 배설된다.

디메칠포름아미드 ; 흡수된 양의 2~6%가 N-메칠포름아미드로서 요중에 배설되는 것으로 알려져 있다.

