

5. 디니트로톨루엔 (연구책임자 : 가톨릭대학교 이세훈)

1. 연구결과		
	현행 기준	제·개정 기준(안)
노출기준 제·개정(안)	TWA : 1.5 mg/m³ (- ppm) STEL : 없음 Ceiling : 없음 발암성구분 : 없음 BEI : 없음 Skin : 없음	TWA : 0.2 mg/m³ (0.03 ppm) STEL : 현행과 같음 Ceiling : 현행과 같음 발암성구분 : A3(동물에 대하여 발암성이나 인체 발암성이 나타나지 않음) BEI : 혈중 메트헤모글로빈, 헤모글로빈의 1.5% Skin : 표시
제·개정 사유	□ TWA 0.2 mg/m³(0.03 ppm) 제정(안) 제안 ○ 물질특성 및 취급현황 - 독특한 냄새, 강한 산화제와 접촉하면 폭발할 수 있음. - 국내 13만톤 제조, 8.7만톤 사용 - 사업장 수 12개, 취급근로자수 50명 ○ 동물 및 인체영향 - 산소운반 능력 저하, 메트헤모글로빈형증, 위장관 증상등의 건강장애 유발 ○ 주요 국가의 노출기준 - OSHA TWA : 1.5 mg/m³, ACGIH TWA : 0.2 mg/m³(0.03 ppm), NIOSH TWA :1.5 mg/m³, 독일 2,6-DNT TWA: 0.007 ppm(0.05 mg/m³), STEL: 0.028 ppm(0.02 mg/m³), 3,4-DNT TWA: 1.5 mg/m³, 스웨덴 TWA: 0.15 ppm(200 mg/m³), STEL: 0.3 mg/m³ ○ 국내 작업장 노출실태 - 노출 범위: N.D.~ 1.637ppm, - 기하 평균 : 개인 TWA - 0.017pm, 지역 TWA - 0.010ppm ○ 규제영향분석 결과 - 편익이 비용보다 1.1배 크다 ○ 결 론 - TWA 0.2 mg/m³은 직업적 노출로 인한 빈혈증과 신경근, 신장, 간장, 생식기계 영향을 최소화하기 위한 기준임 - 따라서, 우리나라 디니트로톨루엔 TWA를 0.2 mg/m³으로 제정한다면, 취급 근로자 건강장해예방에 크게 일조할 것이라고 판단됨	

2. 물질의 특성	
가. 물질의 개요	-CAS번호: 25321-14-6; -디니트로톨루엔(dinitrotoluene, DNT)에는 2,3-; 2,4-; 2,5-; 2,6-;3,4-; 및 3,5-dinitrotoluene 등 6개의 이성체가 있다; 공업용 DNT는 2,4-DNT가 76%, 2,6-DNT가 19%이다.
나. 물리적 성상	-DNT는 노란색의 고체; -밀도:1.3208; 독특한 냄새가 남; 물에는 녹지 않고 대부분의 유기용제에 녹는다.
다. 화학적 성상	-DNT는 강한 산화제의 접촉하면 화재가 나거나 폭발할 수 있다. 분해하면 일산화탄소, 탄산가스 및 질소산화물로 된다.
3. 취급 현황	
가. 제조 또는 사용현황	-연속공정에서 황산 존재 하에 질산으로 2-단계로 톨루엔을 니트로화(질화)시켜 생성. -2004년, 국내에서 13만톤 제조, 8.7만톤 사용. -2004년 국내 제조·사용업체 수는 12개, 취급근로자수는 약 50명.
나. 발생원 및 발생공정	-발생원: TNT 제조, TDI 제조 중간체, 아조 염료 제조, 유기합성 등 -발생공정: DNT 제조시 질화, 분리, 정제 공정, DNT 저장, 운반 등
다. 노출경로	-호흡기 노출: 공정 중 DNT 증기 흡입. -피부 노출: DNT를 직접 다루는 공정 중 노출 가능. -섭취 노출: 가능성은 적으나, 오염된 손을 통한 일부 노출 가능.
4. 동물에 있어서의 영향	
가. 급성독성	2,6-DNT의 암수 쥐에서 경구 LD50은 각각 180 및 270mg/kg, 암수 생쥐에서는 1,000 및 1,630mg/kg; 전신 및 간: 체중감소, ALT, LDH, AP 등의↓; 조혈: MetHb, 그물적혈구↓, 빈혈, 청색증
나. 아급성독성 (아만성독성)	-조혈: MetHb, 그물적혈구↓, 빈혈, 청색증; -생식: 수컷 정자형성과 생식능력↓, 고환위축, 새끼의 생존율↓; -신경독성: 협조운동 장애, 보행이상, 마비, CNS 억제, 신경아교증과 말이집탈락; -콩팥: 콩팥뇨세관의 부종과 퇴행
다. 만성독성	-전신: 체중감소; -조혈: 메트헤모글로빈혈증과 청색증, 빈혈, Heinz body와 그물적혈구 증가; -간: 간무게 증가, 간세포이형성, 괴사; -신경독성: 협조운동기능 저하, 마비
라. 변이원성	-DNT는 생체외에서는 표적영향에 따라 서로 결과가 다르지만 대개 유전자 돌연변이를 유발한다. -생체내 실험상 대개 양성; -2,4-DNT의 대사산물의 일부는 변이원성이 있고 DNA나 RNA같은 고분자물질과 공유결합
마. 생식독성	-동물실험상 일관되게 고환위축, 정낭의 퇴행성 변화, 및 정자생산의 저하 등 수컷의 생식기능장애를 유발하였다
바. 발암성	-동물실험상 2,4-DNT는 설치류에서 콩팥암과 간세포암을 일으키되 순수한 촉진제로 역할; -2,6-DNT는 간암을 유발하며 기폭제일 뿐아니라 촉진제이기도한 완전한 간 발암제
사. 기타	

5. 인체 영향	
가. 인체내 작용기전	-호흡기와 피부로 흡수; -간과 콩팥에 주로 분포(혈장의 5-10배); -일차적인 대사산물이 장의 미생물에 의해 대사되고 장-간순환되어 담즙으로 배설되었다가 재흡수 되는과정에서 대사성활성화; -주로 소변으로 배설
나. 단기노출시 인체 유해성	-메트헤모글로빈혈증으로 적혈구의 산소운반 능력의 저하를 초래; -두통, 불한, 현기증, 졸리움, 의식상실을 동반하는 청색증을 유발; -심한 경우 사망
다. 장기노출시 인체 유해성	-메트헤모글로빈혈증으로 창백, 청색증, 빈혈, 현기증, 두통; -위장관 증상: 구역, 식욕부진, 금속맛; 호흡곤란, 허약, 피로 등의 증세 유발; 부가체 형성
라. 인체 표적장기독성	-헤모글로빈의 +2가철(Fe^{+2})을 +3가철(Fe^{+3})로 산화시켜 메트헤모글로빈(methemoglobin)을 형성한다
마. 인체 발암성	-일부 요로암과 콩팥세포암에 대한 보고가 있으나 용량반응관계가 없었고 IARC에서는 인체에 대한 가능한 발암성 물질로 분류(Group 2B); ACGIH: A2
바. 사람에 대한 국내외 재해사례	-국내에서 화약류저장소 근무자에서 심근경색증, 폐부종으로 인해 사망한 예가 있고; -독일에서 콩팥질환과 콩팥암과 발생에 대한 의심이 제기되었다.

6. 각국의 노출기준 요약 및 해설		
가. 미국		
(1) OSHA	TWA : - ppm (1.5 mg/m ³)	DNT의 메트로헤모글로빈혈증, 혈액 산소운반능력 상실 등으로 인한 건강 유해성을 예방하기 위하여 기준 설정
(2) ACGIH	TWA : 0.03 ppm (0.2 mg/m ³) Skin, A3	다른 방향족 질소화합물의 독성효과와 유사하므로 니트로벤젠, 디니트로벤젠의 기준을 근거로 빈혈증과 신경근, 신장, 간장, 생식기계 영향을 최소화하기 위하여 설정
(3) NIOSH	TWA : - ppm (1.5 mg/m ³)	잠재적 발암성, 생식력 영향, 동물의 간, 피부, 신장의 종양 등의 건강유해영향을 예방하기 위하여
나. 일본		
(1) 노동성	- ppm (- mg/m ³)	일본 산업위생학회(JSOH)에서 발표하는 노출기준과 타국가의 노출기준 경향, 작업환경 관리의 실효성을 토대로 설정
(2)산업위생학회	- ppm (- mg/m ³) group 2B	ACGIH의 Documentation을 인용
다. 독일	2,6-DNT TWA: 0.007 ppm (0.05 mg/m ³) STEL: 0.028 ppm (0.02 mg/m ³)	DFG 작업장 화학물질의 건강 유해성 조사위원회에서 발표한 MAK와 ACGIH 등의 국제적 문헌을 근거로 수집되어 제시
	3,4-DNT TWA: - ppm (1.5 mg/m ³)	
라.스웨덴	TWA: 0.15 ppm (200 mg/m ³) STEL: - PPM (0.3 mg/m ³) Skin, Carcinogen	각각의 문헌들과 함께 ACGIH와 NIOSH 등에서의 국제적 문헌을 통해 수집되어 제시
마. 영국	- ppm (- mg/m ³)	노출기준 제시자료 없음
바.프랑스	- ppm (-mg/m ³)	노출기준 제시자료 없음

7. 작업장내 근로자 노출실태	
가.작업환경측정 방법 및 결과	-OSHA 44 방법과 EPA 8330 방법을 변형하여 OVS tenax 관(140mg/70mg)을 이용하여 0.1~1.0ℓ/분로 채취 후 TWA 평가를 위해 HPLC-UV로 분석.
나. 측정결과분석 및 해석	- 10개 반복측정 사업장에서 측정한 71개 시료의 측정 결과 · N.D ~ 1.637 mg/m³으로 대수정규분포를 이루고 있음 - 개인 TWA 기하평균 0.017 mg/m³임(N.D.~1.637 mg/m³, 46시료), - 지역 TWA 기하평균 0.010 mg/m³임(N.D.~0.304 mg/m³, 36시료).
8. 규제영향분석결과	
가. 규제의 비용과 편익의 비교분석	■ 1개 사업장 당 비용 = 1,688,482원 ■ 1개 사업장 당 편익 = 1,793,040원 ■ 편익비용비 : 1.1(편익이 비용보다 1.1배 크다)고 할 수 있다.