

3. 니켈 (연구책임자 : 중앙대학교 박정덕)

1. 연구결과

노출기준 제·개정(안)	현행 기준		제·개정 기준(안)	
	금속니켈 (mg/m ³)	1	금속니켈	1
	수용성화합물 (mg/m ³)	0.1	수용성 무기화합물	0.1
	불용성화합물 (mg/m ³)	1	불용성 무기화합물	0.5
	아황화니켈 (mg/m ³)		아황화니켈	0.1
	니켈카르보닐 (ppm)	0.001	니켈카르보닐	0.001
	발암성 구분	발암물질	발암성구분	발암물질
	STEL/Ceiling	없음	STEL/Ceiling	없음
	BEI	없음	BEI	없음
	Skin	없음	Skin	없음
제·개정 사유	□ 불용성니켈 TWA 0.5mg/m ³ 아황화니켈 0.1mg/m ³ 개정(안) 제안			
	○ 물질특성 및 취급현황			
	- 금속니켈은 은백색 광택이 있는 단단한 금속고체 또는 회색 분말			
	- 정제 니켈 전량 수입, 사용량 2004년 122,648톤 매년 증가 추세.			
	- 현재 국내 취급사업장 수 761개 사업장, 취급 근로자수는 82,737명			
	○ 동물 및 인체영향			
	- 만성흡입 노출시 호흡기독성, 생식독성, 폐암, 비인두종양 발생			
	○ 주요 국가의 노출기준(불용성니켈 및 아황화니켈 TWA)			
	- OSHA 1 mg/m ³ , ACGIH 불용성니켈: 0.2 mg/m ³ , 아황화니켈: 0.1 mg/m ³ , 독일 nickel sulfate와 아황화니켈: 0.05 mg/m ³ , 영국 0.5 mg/m ³			
	○ 국내 작업장 노출실태			
	- 노출범위 : ND ~0.066 mg/m ³ , 기하평균 : 0.0026 mg/m ³			
	○ 규제영향분석 결과			
	- 불용성니켈 TWA 0.5mg/m ³ ,아황화니켈 0.1mg/m ³ 개정에 따른 총 규제비용 3,440백만원, 총 편익비용 4,640백만원			
	- 기대이익 = 총편익 - 총비용 = 1,200백만원(12억원)			
	○ 결 론			
	- 선진국의 노출기준의 근거는 대개 폐암 및 비강암, 피부장애에 근거를 두고 있으며 우리나라의 높은 흡연율과 폐암발생률을 고려할 때 발암물질인 불용성 니켈 화합물과 아황화니켈의 기준을 강화할 필요성 있음. 특히 아황화니켈의 높은 발암성을 고려하여 기존의 불용성화합물에서 분리하여 기준 농도 강화 개정이 필요함.			
	- 불용성 니켈화합물의 현재의 노출기준치의 1/2을 초과하는 사업장은 없었기 때문에 노출기준치를 0.5 mg/m ³ 로 강화해도 현재의 사업장에는 기술적 경제적 부담요소가 거의 없으며 아황화니켈도 현재 사용사업장의 규모를 고려시 별다른 문제가 없을 것으로 판단.			
- 따라서, 우리나라에서 불용성니켈 TWA 0.5mg/m ³ , 아황화니켈 0.1mg/m ³ 로 개정한다면, 취급 근로자 건강장해예방에 크게 일조할 것이라고 판단됨.				

2. 물질의 특성	
가. 물질의 개요	-CAS번호: 금속니켈 07440-02-0, -금속니켈은 은백색의 광택이 있는 단단한 금속고체 또는 회색 분말이다. - 니켈카르보닐은 상압 하에서는 기체이거나 휘발성이 높은 무색의 액체이며 곰팡이 썩은 냄새
나. 물리적 성상	- 분자량: 58.71, - 비중 : 8.902, - 녹는점: 1,455 ℃, - 끓는점: 2,730 ℃(760 mmHg), 증기압: 1,810 ℃에서 1 mmHg, - 증기밀도(니켈 금속이 끓는점에서의 공기=1): 해당되지 않음. - pH, 점도, 분배계수, 증발률(부틸초산=1), 냄새의 서한도: 금속니켈은 해당되지 않음. - 물에 대한 용해도:(g/100 ml, 20 ℃): 금속니켈은 용해되지 않음.
다. 화학적 성상	-인화점: 해당되지 않음. - 자연발화점: 해당되지 않음. - 공기 중에서의 연소 농도(vol %): 해당되지 않음. 그러나 니켈 스펀지 촉매는 공기 중 자연발화. - 불안정 조건: 열(니켈에 한함). - 금기: 니켈이 강산에 닿으면 가연성이고 폭발성인 수소가스가 발생. 황산과 접촉하면 발열. 질산니켈이 양털이나 그 밖의 가연성 물질에 닿으면 발화. - 유해분해산물: 니켈이 연소할 때 또는 니켈 화합물이 분해할 때는 니켈 카르보닐과 질소산화물이 발생. - 소화제: 마른 가루, 마른 모래, 마른 백운석, 마른 흑연
3. 취급 현황	
가. 제조 또는 사용현황	-우리나라는 정제 니켈을 전량 수입 - 사용량: 2002년 95,588톤에서 2003년 112,500톤, 2004년 122,648톤으로 매년 증가하는 추세. - 현재 국내에서 취급 사업장 수: 761개 사업장 - 총 취급 근로자수: 82,737명
나. 발생원 및 발생공정	- 철 및 합금제조 공정, 전자공학 부분, 연료전지봉, 세라믹 및 유리 제조, 니켈-카드뮴 전지를 제조 공정, 섬유공장에서 물감착색제, 도금, 니켈촉매제 및 도금에 사용.
다. 노출경로	-호흡기 노출: 공정중 금속니켈 또는 수용성 및 불용성니켈화합물 -피부 노출: 니켈화합물을 직접 다루는 공정 중 일부 노출 가능. -섭취 노출: 가능성은 적으나, 오염된 손을 통한 일부 노출 가능.
4. 동물에 있어서의 영향	
가. 급성독성	- LD50 (니켈황산염) 경구: 360 mg/kg(쥐), 복강: 23 mg/kg(쥐) - 만성 활동성 폐의 염증, 코의 후각상피세포의 위축, 체중의 감소, 면역기능 저하로 연쇄상구균 감염의 감수성 증가, 사망 등 소견
나. 아급성독성 (아만성독성)	-만성 폐의 염증, 적혈구용적율의 감소, 체중의 감소, 혈청 당농도 증가, 면역기능저하, 후각상피세포의 위축, 간의 무게가 감소, 사망 등
다. 만성독성	-간질성 폐염, 양성 갈색세포종의 증가, 체중감소, 심장 및 간의 무게 증가, 사망 등
라. 변이원성	-경구 및 복강 내 투여시 염색체 이상 유발, 유전독성
마. 생식독성	-고환의 변성, 정자수, 정자 운동성 감소 및 정자의 비정상적 형태증가, 자연 유산의 증가, 새끼 체중의 감소 등
바. 발암성	-폐암(선종, 선암, 상피세포암, 섬유육종) 및 비인두 종양 유발
사. 기타	-니켈과 구리, 니켈과 크롬, 니켈과 망간 등에 혼합 노출되고 이러한 금속들의 병합된 독성 영향의 문제는 실제로 매우 중요하나 적절한 정보는 거의 드뭄.

5. 인체 영향		
가. 인체내 작용기전	-니켈에 대한 인간의 노출은 다양한 노출원에서 나오며 매우 다양. - 주로 흡입을 통해 인체내 흡수, 폐를 비롯한 호흡계통에 침착 -소화기계, 피부를 통하여 노출 가능하며 경태반 전이는 환경노출에 의해 증가되는 생체내에서 증가. 이러한 이유로 조기 임신 동안에 니켈에 노출된 임산부의 노출과 연관된 부작용의 관점에서 경태반 전이가 중요. -니켈은 신장, 간, 폐에 집중되며 소변으로 주로 배설.	
나. 단기노출시 인체 유해성	-급성 독작용은 호흡기자극으로 전두엽 두통, 현기증, 구역, 구토, 불면증 및 과민성 같은 증상 발현 후 지연성 폐 증상이 시작 - 흉통, 마른기침, 호흡곤란, 청색증, 빈맥, 간헐적 위장관계 증상, 발한, 시야장애, 허약감 등 유발 -피부에는 접촉성 피부염도 유발	
다. 장기노출시 인체 유해성	-흡입 노출된 근로자들에서 폐와 비강암, - 호흡기 질환의 사망률의 증가, -세뇨관의 기능이상, -면역체계 변화, - 자연유산 증가 등	
라. 인체 표적장기독성	-폐에는 천식과 Löffler 증후군, -비강에는 비염, 후각저하 및 상실, - 눈과 피부자극, -유전자 영향(자매염색분체교환과 염색체이상 증가), -중추신경에는 뇌파검사 이상	
마. 인체 발암성	-폐암 및 비강암 유발, 전립선 및 후두암은 아직 확인되지 않음.	
바. 사람에 대한 국내외 재해사례	-국내 재해사례 없으나 중국에서 1961년 이후 니켈카르보닐 중독 179명 이상 사례 보고, 외국에서는 사고로 인한 경구 중독 사례 33명, 스테인레스강 근로자 23명 중독, 용접근로자 1명 중독 사례 등	
6. 각국의 노출기준 요약 및 해설		
가. 미국		
(1) OSHA	1 mg/m ³	저농도의 수용성 니켈에 비교적 짧게 노출되어도 실험동물의 폐에서 병적인 변화가 발생 증거에 기인
(2) ACGIH	금속니켈: 0.5 mg/m ³ , 수용성 니켈화합물: 0.1 mg/m ³ , 불용성 니켈화합물: 0.2 mg/m ³ , 아황화니켈: 0.1 mg/m ³	호흡기 암에 기초, 쥐와 생쥐에서의 NTP연구에서 쥐에서는 0.06 mg Ni/m ³ 의 농도, 생쥐에서는 0.11 mg Ni/m ³ 의 낮은 농도의 nickel sulfate에서도 현저한 염증성 변화, 0.11 mg Ni/m ³ 과 0.44 mg Ni/m ³ 의 농도의 nickel subsulfide는 폐암 유발. 이에 근거하여 인간노출기준
(3) NIOSH	0.015mg/m ³	폐암과 비강암, 피부에 대한 영향에 기초
나. 일본		
(1) 노동성	0.001 ppm(니켈카르보닐)	니켈카르보닐 기준치만 언급
(2)산업위생학회	1 mg/m ³	미국의 OSHA 기준치 그대로 인용
다. 독일	금속니켈 및 수용성 니켈화합물:0.5 mg/m ³ Nickel sulfate와 아황화니켈: 0.05 mg/m ³	폐암과 비강암, 피부에 대한 영향에 기초
라. 스웨덴	금속니켈: 0.5 mg/m ³ , 수용성 및 불용성 니켈화합물: 0.1 mg/m ³ , 아황화니켈: 0.01 mg/m ³	폐암과 비강암, 피부에 대한 영향에 기초
마. 영국	수용성 니켈화합물: 0.1 mg/m ³ 나머지: 0.5 mg/m ³	폐암과 비강암, 피부에 대한 영향에 기초
바. 프랑스	Nickel sulfate: 0.1 mg/m ³ 나머지: 1 mg/m ³	폐암과 비강암, 피부에 대한 영향에 기초

7. 작업장내 근로자 노출실태

가. 작업환경측정 방법 및 결과	- NIOSH 7300방법 이용하여 개인별 시료 채취기(Personal Air Sampler)는 일정한 유량으로 공기를 흡입시키는 펌프(Pump)와 필터(Filter)를 장착시켜 근로자의 호흡기 위치에 부착하는 카세트(Filter Cassette Assembly)를 사용, 채취 유량은 $2.0 \sim 1.5 \text{ l/min}$로 6시간이상 채취. - 이 때 사용되는 여지는 $0.8 \mu\text{m}$를 사용하여 10개 사업장측정 및 분석, - 2002~2003년 니켈 사업장의 작업환경측정치 분석
나. 측정결과분석 및 해석	- 10개 사업장에서 측정한 금속니켈 측정 결과 · N.D ~ 0.066 mg/m^3 으로 대수정규분포를 이루고 있음 · 기하평균은 0.0026 mg/m^3 임. 동시에 실시한 노출근로자 46명의 요중 니켈농도도 참고치인 핀란드의 작업종료 시 노출 허용한계인 $76 \mu\text{g/L}$에 크게 미달 - 2002년 및 2003년 상하반기 중 작업장에서 측정한 수용성니켈화합물, 금속니켈, 황화니켈, 니켈카르보닐의 TWA는 수용성니켈 및 황화니켈은 대상 사업장 중 단 한군데도 현행 기준치인 0.1 mg/m^3과 1 mg/m^3을 초과한 사업장(작업장)은 없음, - 금속니켈은 1개 사업장에서 2003년 상반기 작업환경측정결과에서 1회 측정치가 기준치 1 mg/m^3을 초과한 것으로 나타났다으며 노출근로자는 750명. 동 사업장은 니켈카르보닐의 작업농도도 2003년 상하반기 모두에서 8시간가중평균치가 현행 기준치인 0.001 ppm을 상회 - 니켈카르보닐을 제외한 금속니켈 및 니켈화합물의 노출 정도는 대개 현행기준치의 약 1/100에 불과

8. 규제영향분석결과

가. 규제의 비용과 편익의 비교분석	- 규제의 총비용 : 3,440 백만원 · 사업주의 작업환경개선비용 : 3,440 백만원 · 기타 직접비용: 추가 비용은 없으며 노출 근로자를 위한 보호구 지급도 이미 법에 의거 지급하고 있기 때문에 추가 비용은 없음. 기타 보건교육 실시 비용도 추가적으로 발생하지 않는다. · 규제준수 간접비용: 작업환경을 관리하기 위한 인력이나 운영에 수반되는 제비용은 현행법에 의거 실시되고 있기 때문에 측정주기의 변화가 없는 한 추가비용발생은 없음. · 규제집행비용: 노동부의 근로감독비용이며 이의 부담자는 정부이나 측정주기의 변화 없는 한 추가비용발생은 없다. - 편익의 총비용 : 4,640 백만원 · 직업병예방으로 인한 손실이익 : 4,640 백만원 · 직업병 발생감소에 따른 비용감소 및 산재요율감소에 따른 산재보험을 인하 및 벌금, 형벌감소 등도 가능하나 현재 니켈 및 니켈화합물에 의한 직업병 발생이 없는 상태이며 이러한 편익비용의 산출은 직업병 발생 회사의 규모 및 근로자수에 따른 산재요율산정 등 복잡한 계산과정을 고려하여 그 가능성만 언급
---------------------	--