

# 산업장의 고온작업

## - 인간공학적접근 -

가톨릭의과대학

교수 이 태 준

이 newsletter의 이欄에서, 1호에서 3호까지는 인간공학이란? 인간공학적 시각(視角), 인간공학 문제접근 등, 인간공학의 학문으로써 그 대상과 그 방법론에 대해서 독자로서 하여금 알기 쉽게 설명하여 보았다.

이번 4호 이후에서는 산업장에서 많이 대두되는 여러 문제들을 설명하여 본다. 이번 호에서는 첫번째로 '고열'에 대해서 인간공학적 관심사에 대하여 언급한다.

대부분의 산업장에는 그 공정과정에 熱處理 부서가 있다. 예를 들어 철강업에서는 용강로, 제련업에서는 焙燒, 고무제품 가공업에서는 가류 등등이다. 인간공학적 접근은 즉 이러한 부서에서 작업하는 근로자들과 작업환경(열)사이 '일'의 능률, 안전, 안녕문제와 관련되는 사람쪽 요소와 환경쪽 요소가 검토되어야 할 것이다.

### 1. 환경요소

무엇보다 그 사업의 물리·화학적 과정에는 영향을 주지 않고 heat stress를 감소시켜 주는 것이다. 이를 위한 첫번째 취할 수단은 환경요소의 측정과 열원(源)의 확인이다. 대부분의 예에서는, 爐의 적열(赤熱)에서 나오는 복사열이다. 이러한 경우에는 열 차폐판을 설치함으로써 복사선은 반사된다. 즉 표면이 잘 다듬어진 차폐판은

복사선을 크게 경감시킨다. 다음 적절한 환기가 필요하다. 비록 복사열은 送風으로 날려 보낼 수는 없지만 공기운동을 증가시킴으로써 열손실 증대를 가져와 고온하의 작업을 수월하게 한다. 그러나 송풍은 너무 과도하게 해서는 안된다. 50 ~ 70 cm/sec 바람직하며 이 이상의 送風機 회전속도는 별 효과가 없으며 오히려 근로자들 불쾌감을 더해줄 뿐이다. 창문 등으로 들어오는 태양광선은 온실효과를 나타냄으로 조절되어야 한다.

사무실, 제조공장 등에 Air Conditioning 설치하는 작업능률을 크게 향상시킨다. 특히 이 장치는 공기를 서늘하게 하고, 건조시켜 습도를 떨어 뜨려 그 효과를 올린다. 지열이 높은 광산 막장에 냉동기를 설치 작업한 외국 보고도 있다.

### 2. 근로자 요소

환경개선은 물론 근로자 쪽 보호책도 중요하다. 고열하의 작업에서 근로자의 체온 조절은 發汗이다. 땀을 계속 흘리게 하는 것도 현명한 한 방법이다. 흘리는 땀으로써 체온의 열을 방출케 한다. 땀의 수분손실은 보충되지 않으면 안된다. 사람은 탈수상태, 體液損失은 건강에 해로움으로 특히 유의되어야 한다. 고열작업하에서는 모든 근로자들이, 쉽게 적합하고도 충분한 시원한 수분을

자유로히 그리고 자주 마실 수 있게 마련해 주어야 한다. Aden의 실험 보고에서는, 서열(暑熱) 고온하의 전투훈련시 40ℓ이상까지도 수분섭취의 보고가 있다. 사람은 탈수상태에는 저열에 적응이 어렵다고 한다. 갈증의 생리적 기전은 민감하지 않다. 발한이 심하면 쉬 탈수가 된다. 그러므로 주위에서 물을 많이 마시도록 독려하여야 한다. 만일 발한으로 손실된 수분의 보충이 없으면 발한율이 떨어지고 체온은 상승하기 시작하며 작업능률이 급격히 떨어진다.

땀에는 염분이 함유되어 있다. 발한에 의한 염분손실도 보충되지 않으면 안된다. 염분 결핍증은 열경련과 같은, 또는 heat exhaustion 등 중증 건강이상을 초래하게 된다. 1일, 5ℓ내지 그 이상의 수분 섭취시에는 물 1ℓ에 염분 5gm(0.5%)을 넣는 것이 바람직하다.

특정 산업장에서는 석면으로 된 보호의(衣) 등이 필요하다. 즉 화염, 불꽃 등으로부터 보호하기 위해서이다. 용광로 등은 주기적으로 청소되지 않으면 안된다. 이 때 근로자들은 강열한 열 복사선에 폭로된다. 용광로 청소시에는 작업중단이 되어야 하며 또 이 냉각에는 상당한 시일이 요구된다. 이것은 중대한 경제적 문제이다. 작업중단의 시일이 짧으면 짧을수록 관리적면에서는 이익이다. 그러므로 가능한 빨리 용광로에 들어가기 위해서 각종 보호구 착용시험과 그 결과 등이 검토되고 있다. 이러한 조건하에서 복사열은 2,000℃이다. 참을 수 있는 시간을 2~3분이다. 최근 aerospace에서 성능이 우수한 보호의가 개발되었다고 한다. 이것은 단순한 원리인데 보호의(衣)의 내외(內外層)층 사이에, 기체를 지속적으로

환기시킬 수 있는 의복을 만들어 내며, 이것을 착용한 바 강열한 복사열 하에서 작업에 좋은 결과를 가져 왔다고 한다.

### 3. 고열에 생리적 순화(順化)

우리나라 근로자들이 Saudi Arabia에 처음 도착했을 시에는 불편하고 꽤 고통스러웠다고 述懷한다. 그들은 처음에는 그곳 사람들처럼 수월하게 능하게 일할 수 없다고 한다. 피부는 붉어지고 잠자기가 어렵다고 한다. 그러나 2~3주 지나면 이러한 불편은 감소해지고 거의 없어지며, 그곳에 오래 머물렀던 사람들과 비교하여 불편없이 자기들의 일을 처리할 수 없었다고 한다. 즉 순화(acclimatization)된 것이다. 이 과정은 심리적 및 행동적 면이 그 환경에 적응하게 된 것이다. 즉 어떠한 것을 입어야 하고, 어떠한 것을 먹고, 더운 곳에 알맞고, 분별있는 행동을 취하기 때문이다. 순화(順化)에 있어서 가장 중요한 기전은 생리적 작용이다.

고온환경에 생리적 반응은 여러기능에서 측정될 수 있다. 심박(心搏)증가, 체온상승, 피부온 및 발한율 변화 등이다. 고온, 다습 환경에서 發汗은 體熱發散의 主通路이며 發汗率의 측정이 生理的 反應의 主指標임이 증명되었다.

이전에 고온조건에 오래 폭로된 경험이 없었던 대상자를 처음 고온환경(40℃, 32℃ Wet bulb)에 노출시켜, 중등도 작업을 4시간 지속 시켰다. 초반기에 체온은 39℃로 상승하고, 심박을 180/분, 2ℓ의 發汗을 했다. 대상자들은 무척 힘들어 하고 괴로워 하고, 거의 허탈될 지경이었다. 이러한 고온작업장 매일 폭로시켰더니 2주후

에는 대상자는 그다지 힘들지 않고 쉽게 4시간의 작업을 수행할 수 있었다. 체온 37°5 C, 심박은 130 / 분, 발한율은 4ℓ 이상이었다고 한다. 즉 인간의 생체의 고온에 대한 생리적 적응기전의 주무기는 발한을 증가로써, 축적된 체열을 體外로 放出해내는 것이다. 이로 미루어 보아 고온작업 근로에 미숙한 근로자는 사전에 순화시킴으로써 작업의 능률과 안전을 도모할 수 있다.

#### 4. 작업환경 기후의 측정

작업환경 기후가 근로자의 작업능률, 안전, 안녕에 미치는 영향은 그 氣候의 단일 요소로서 결정되는 것이 아니다. 즉 온도, 습도, 기류, 복사선 등의 복합된 것이다. 그러므로 이러한 요소들이 수시로 측정 기록되어야 한다. 이들 요소중에 가장 중요한 것이 氣溫이다. 지적(至適)기온의 결정은 사람에 따라서 상당한 차이가 있다.

기온(Air Temperature) : 영국의 보고이다. 공장에서 경한 작업을 시켜 관찰한 바, 바람직한 기온은 18°3 C로 나타났다.

Comfort Zone은 15°6C ~ 20°C. 좌위(坐位) 작업에서는 19°4C ~ 22°8C. 이었다고 한다. 중작업에서는 12°8C ~ 15°6C.가 적합한 범위이며, 근로자가 복사열원(源)에 폭로될 시에는 지적온도는 더욱 낮아진다.

복사온(Radiant Temperature) : 경한작업에서는 복사열은 너무 높거나 너무 낮아도 안된다. 가장 적합한 흑구온도로서 18°3C, 지적범위는 16°7C ~ 20°C이다. 고온작업에서는 차폐 설치가 중요하다. 창문, 바람벽과 같은 차운 표면으로부터 심한 체

온 열손실은 피하는 것이 중요하다.

기습(Air Humidity) : 기습은, 일반온도에서, 지적온도 결정요소로서는 거의 영향을 주지 않는다. 기습은 현온도에서 완전히 포화된 습기의 %로써 측정한다. 낮은 기습조건에서는 쉬, 코와 목이 건조하여 불편감을 일으키며 특히 온도가 높을수록 불편감은 더하다. 비습(relative humidity)은 70%이상 초과되어서는 안된다. 사람이 많은 곳, 환기가 나쁜 방에서는, 습도가 지나치게 높으면 숨 막히는 감을 일으킨다. 지적온도(至適溫度) 이상으로 기온이 상승시에, 습기가 높으면 發汗의 증발을 제한하여 더욱 무더운 감을 준다.

기류(Rate of Air Movement) : 기온과 흑구온도가 바람직 할 적에 기류의 이상적 수치는 30ft/min.이다. 기류는 느낄 수 있는 수치이다. 20ft/min. 이하에서는 바람기를 느낄 수 없으며, 100ft/min 이상에서는 심한 통풍을 느낀다. 기류를 적합한 조건상태로 조절한다는 것은 때로는 무척 어렵다. 특히 창문이 너무 적다든가, 천정이 너무 낮을 때, 방이 너무 크다든가 적을 때 또는 방을 사용하는 사람의 수의 변동이 클 적에는 기류조건의 조절이 어렵다. 선풍기 또는 air conditioning으로 조절될 때가 많다. 바람직한 기류속도는, 잎이 큰 선풍기를 천장에 메달아 느린속도로 회전시켜 기류를 겨우 느낄 정도로 회전시키는 것이다. 때로 방이 숨이 막힌다는 불평은 공기가 탁한 것이 아니고, 너무 덥다든가 너무 습하다든가, 아니면 기류가 너무 낮을 때 이러한 경우가 많다.