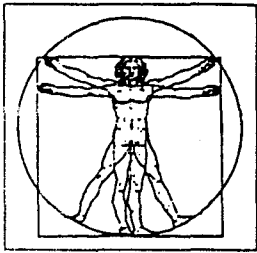


## 자동화장치의 미립자 발생량측정



우리는 크린룸에서 작동하는 자동화 장치의 적정성을 미립자 발생량의 측정으로 평가되어 진다.

자동화 장치, 3가지 다른 타입의 미립자 발생량이 측정된다.

그것은 두가지의 다른 타입 즉, 자동운송 장치와 Scaler 타입 로봇이 있다. 자동운송장치의 한 타입은 3개의 바퀴를 가진 AGV(Automatic-Guided-Vehicles) 이고, 다른 한 타입은 LIM(Linear-Induction-Motor-Carriers) 의 Monorail 타입이다.

크린룸 타입 AGV는 한명의 사람보다 크린룸을 위해 더 적합한데, 왜냐하면 그것은 입경  $0.5\mu\text{m}$ 보다 큰것이 일분당 미립자 삼천개 보다 적게 발생된다.

Magnetic-Seal 베어링 바퀴로 설치된 LIM은 입경  $0.11\mu\text{m}$  보다 큰것이 일분당 미립자 이천개 보다 적게 발생된다. 그래서 그것은 크린룸에 적합하다. 그것은 「CLEANWARP」이란 자동 웨이퍼 전송장치에 사용된다.

Scaler 타입 로봇은 그것의 몸체로부터 배출장치를 하여 설치된다. 이것은 입경  $0.11\mu\text{m}$  보다 큰것이 일분당 오백개 미립자가 발생된다. 이 값은 사람이 분당 약 억개의 발진울에 비하여 매우 적은 값이다. 따라서 로봇은 농도가  $1\text{ft}^3$  당  $0.1\mu\text{m}$  보다 큰것이 한개에서 열개인 슈퍼 크린룸에 적당하다.

## 머 리 말

각종 크린룸에 있어서, 반송 자동화와 조립의 자동화가 급속히 진척되고 있다. 그 이유는 생산성의 향상, 그리고 무인화에 따른 청정도의 향상이다. 많은 크린룸용 자동화 장치에는 마이크로 컴퓨터를 탑재하여, 사람이 직접 조작할 필요가 없었다. 따라서 최대의 미립자 발생원이라고 말하는 사람을 적게 하는 것이 가능하여, 크린룸 전체의 미립자 농도를 적게 할수있다. 실리콘 웨이퍼등의 제품을 사람이 직접 취급하는 기회가 많으므로 미립자에 따른 오염의 위험을 감소시킬수 있도록 고려되어져야 한다.

이런 크린룸용 자동화 장치는 반송능력 위치를 정하는 정밀도, 이동속도등 본래의 용도를 만족하는 성능을 갖고있고, 크린룸의 미립자 농도등의 환경조건에 악영향을 미치지 않는것이 필요하다.

특히 운전에 따른 미립자 발생은 크린룸의 미립자 농도를 높게하는 것이므로, 가능한 미립자 발생을 적게하는 것이 바람직하다.

크린룸용으로 개발되고, 사용되고있는 반송장치로는 모노레일등의 가이드레일에 따라서 고정된 경로를 이동하는 반송장치와 비교적 자유도가 높은 차륜에 따라서 평면위를 주행하는 무인 운송차가 대표적이다.

가이드레일식 반송장치는 미립자 발생을 감소하는 목적으로 자기부상방식, 공기부상방식등도 개발되고 있다. 또 자동 조립장치는

각각의 공정에 적합하게 전용기로 제작한 장치도 많이 사용되고 있고, 범용형의 지능로봇도 사용되고 있다. 위와같은 형태의 자동화 장치는 미립자 발생의 방지대책등이 되어지고있고, 크린룸의 미립자 오염방지에 유효하다.

이하에 자동화 장치의 크린룸에서 미치는 영향을 평가하기 위한 기본적인 방향 및 미립자 발생에 관한 측정예를 나타낸다.

## 1. 크린룸용 자동화 장치의 미립자 발생 평가고찰

### 1.1 미립자 발생의 평가항목

크린룸내 사용하는 자동화 장치의 계획을 할때는 미립자 발생에 대한 특성을 평가하고 크린룸의 성능에 영향을 미치지 않는가를 확인할 필요가 있다.

자동화 장치에서의 미립자 발생을 평가하는 것에는 아래의 항목에서 고찰해 본다.

#### 1) 총 미립자 발생량 :

자동화 장치의 운전에 따라 장치의 각 부분에서 발생되고, 공기중에 비산하는 미립자의 총량이 있다. 장치의 운전이 크린룸의 미립자 농도에 미치는 영향의 평가가 필요하다. 기종이 다른 자동화 장치를 비교할 때에도 유효하다. 총 미립자 발생의 측정은 대상장치를 둘러싸고, 청정공기를 공급하는 것이 필요하다. 따라서 생산라인등에 개설

(既設)의 장치에 대하여, 총 미립자 발생량의 측정을 하는 일은 곤란하다.

ii) 부분 미립자 발생량 :

자동화 장치의 운전에 따라 발생하는 미립자를 장치의 각 부분마다 측정할 값이다. 국부적인 오염을 예측하는데 유효하다. 또 자동화 장치의 미립자 발생 대책을 실시하는 이유에는 부분 미립자 발생량을 측정하고, 발생 부위를 확실하게 하는 것이 필요하다. 생산라인등에 개설의 장치에 대해 정량적인 부분 미립자 발생량을 측정하는 것은 곤란하고, 근방의 공기중 미립자 농도를 측정함에 따라, 미립자 발생 부위를 특정(特定) 하는 일은 비교적 용이하다.

iii) 공기중의 미립자 농도 :

자동화 장치의 운전중에 측정하는 공기중의 미립자 농도가 있다. 자동화 장치의 운전에 따라, 기류분포도등도 영향이 있고, 발생한 미립자가 국소적으로 고농도가 되는 상황이 있다면, 이 측정으로 발견될 수 있다. 공장의 생산라인등에 설치되어져 실제에 사용되어지고 있는 자동화 장치가 크린룸의 미립자 농도에 미치는 영향을 평가하는 경우에 유효하다.

iv) 부착입자 :

크린룸 본래의 목적은 공기중의 미립자가 제품등에 부착을 방지하는 것이다.

따라서 자동화 장치가 취급하는 제품과 주변에 놓인 제품등에 부착되는 미립자를 측

정하여 오염방지에 크게 도움이 된다. 부착 미립자수는 일반 공기중의 미립자 농도, 정전기등에 따라 영향을 미치는 것에서, 자동화 장치의 미립자 발생 특성을 아는 목적에서도 생산공정 또는 크린룸을 총합적으로 평가하는 경우에 유효하다.

v) 기 타 :

크린룸 환경조건내에서 자동화 장치에 의해 영향을 주는 항목은 미립자외에 기류, 온습도, 정전기, 자기파등이 있다. 따라서 오염도의 관계는 모든 것이므로 자동화 장치를 사용할때에는 안전대책에 관해서 주의를 요한다.

이상의 평가항목은 모두를 실시할 필요는 없고, 목적에 따라 선택한다. 예를들면 크린룸용 자동화 장치의 개발과 이것을 사용하는 것에 따라 크린룸의 미립자 농도가 감소되어지는 효과의 예측에는 총 미립자 발생량과 부분 미립자 발생량의 측정이 필요하다. 또 자동화 장치의 일상적인 관리, 크린룸의 오염원인의 조사등의 목적에는 장치 근방의 공기중 미립자 농도를 측정하는 것으로 대응할 수 있다. 실리콘웨이퍼등 제품의 오염에 미치는 영향을 평가할 때에는 부착입자의 평가가 유효하다.

1.2 미립자 발생량의 평가 기준치

예를들면, HEPA 필터등의 초고성능 에어 필터에는 보집효율등의 성능기준이 정하여져 있어 크린룸 용도에 대응하여 소정의 고성능

에어필타를 선정하는 일이 가능하다. 자동화 장치에 관해서도 초고성능 에어필타등과 같은 크린룸에 대하여 적합성능의 평가기준이 있는 수치를 정함에 따라 자동화 장치의 선정이 용이하다고 생각된다.

자동화 장치의 미립자 발생량등의 수치를 크린룸의 미립자 농도 (소위 청정도의 크라 스구분)에 적합한 평가하는 것이 가능하면 각종 자동화 장치의 크린룸에 대한 적합성을 용이하게 평가가능하다고 생각된다. 그러나 동일 장치에서도 사용상황에 따라 크린룸의 미립자 농도에 미치는 영향이 다르기 때문에 일률적인 기준치를 정하는 것은 현실적으로 곤란하다.

현재 시점에서는 앞서말한 각 평가항목의 수치를 동일한 작업에 종사하는 사람의 경우와 비교함에 따라 자동화 장치의 성능을 평가하는 방법이 적절하다고 생각한다.

총 미립자 발생량등의 수치는 다른 기종의 자동화 장치를 비교하는 목적의 데이터로서 활용된다. 크린룸의 환기회수, 기류분포등을 설계하는 목적의 기초자료가 된다. 따라서 크린룸내에 사용되어지는 자동화 장치의 평가를 할때에는 총 미립자 발생량의 측정은 꼭 필요하다.

일본공기청정협회등에서 자동화 장치의 미립자 발생량의 측정방법, 평가기준등을 제정하는 작업이 진행되어지고 있다.

아래에는 크린룸에 사용하는 목적에서

개발되어진 자동반송장치, 그리고 지능로봇에 대해 주로 총 미립자 발생량에 주목하여 측정한 결과를 나타낸다.

## 2. 타이어식 무인반송차의 미립자 발생량 측정 예

### 2.1 타이어식 무인반송차와 바닥재의 개요

#### 2.1.1 타이어식 무인반송차

크린룸내를 비교적 자유로이 이동할수 있는 장치의 예로서, 타이어식 무인반송차의 미립자 발생량을 측정한 결과를 나타낸다.

실험에 사용한 무인반송차는 밧데리를 전원으로 하고, 바닥에 붙인 가이드테이프를 광학적인 검출로 자동적으로 주행한다. 크린룸용으로 개량되어진 반송차, 그리고 비교의 목적으로 통상의 환경에 사용하는 반송차에 대하여 측정한 결과를 보고한다.

통상형인 무인반송차를 사진 1에 표시한다. 속도는  $27\text{ m/min}$ , 자중은  $45\text{ kg}$ , 최대 적재중량은  $50\text{ kg}$ 이다.

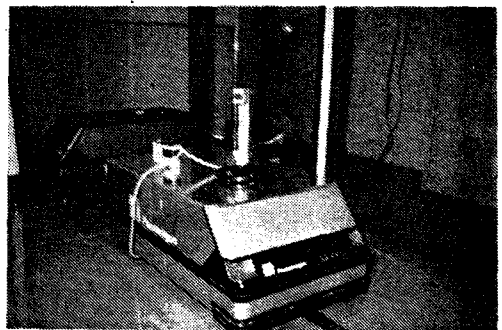


사진 1. 미립자 발생량의 측정을 위한 무인반송차의 사진

2.1.2 바닥재의 종류

타이어식 무인반송차의 미립자 발생 특성은 주행하는 바닥재질에 따라 변화된다고 생각되어 표 1에 표시한 3 종류의 바닥재에 대한 총 미립자 발생량을 측정하였다.

바닥재 A는 대전 (帶電) 방지 사양의 폴리염화 비닐시트이고, 바닥재 B는 대전방지 사양의 에폭시수지, 바닥재 C는 논스립사양의 에폭시수지이고 대전방지를 고려하지 않았다.

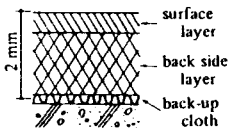
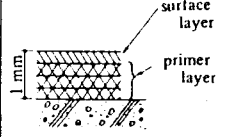
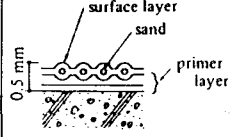
floor type	A: PVC sheet anti static	B: EPOXY anti static	C: nonslip EPOXY
material	polyvinyl chloride	epoxy resin	epoxy resin contains sands
indentation hardness (ASTM D2240)	38	74	83
abrasion resistance (ASTM D4060 or JIS K7204)	220 mg (TABER 1kg 1000 turns)	200 mg (TABER 250g 1000 turns)	30 mg (TABER 1kg 1000 turns)
pressure strength	no explained	700 kg/cm <sup>2</sup>	850 kg/cm <sup>2</sup>
tension strength	49 kg/cm <sup>2</sup>	no explained	295 kg/cm <sup>2</sup>
chemical resistance (acid, alkaline, solvent)	acid, alkaline : good some solvents: bad	acid, alkaline: good solvents : good	acid, alkaline : good some solvents: bad
section of construction			

표 1. 바닥재의 특성

2.2 실험방법

2.2.1 실험장치의 구성

미립자 발생량의 측정에는 그림 1에 표시한 미립자 발생량 측정장치를 사용하였다. 이 장치는 2×3m의 미립자 발생량 측정상자, 미립자 발생량 측정상자와 배기용 송풍기를 접속한 배기덕트, 미립자 측정기등으로 구성되어 있다. 미립자 발생량 측정장치는 크린룸내에 설치된다. 크린룸의 천정에서 토출되는 청정공기를 미립자 발생량 측정상자 상부의 개구부로, 내부에서 도입시킨다. 기류를 가시화하여 미립자 발생량 측

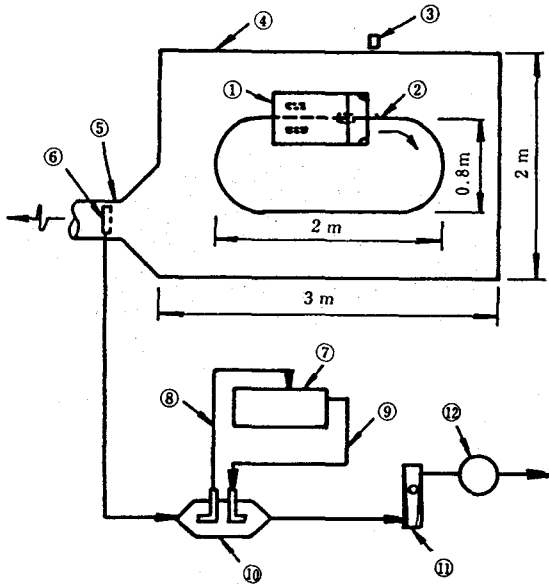
정상자 내부의 기류가 배기덕트 이외로 흐르지 않는지, 즉 상부의 개구부로 외부에 누설되지 않는지를 확인한다.

2.2.2 무인반송차와 운전조건

주행 가이드테이프를 미립자 발생량 측정상자의 바닥면에 긴변 2 m, 짧은변 0.8m의 긴원형에 부착하고 타이어식 반송차를 운전한다.

적재하중의 커짐에 따라 미립자 발생량 특성이 다를 수 있음을 확실하게 하기 위하여 0~47 kg의 분동을 적재한다.

운전, 정지의 지령은 광전 스위치에 따라 미립자 발생량 측정상자의 외부에서 조작한다.



- ① : the AGV.
- ② : optical guide track (aluminum tape).
- ③ : optical controller (start or stop).
- ④ : measuring chamber (in a clean room).
- ⑤ : exhaust duct from measuring chamber.
- ⑥ : air sampling port.
- ⑦ : laser particle counter.
- ⑧ : air sampling tube
- ⑨ : pressure control tube.
- ⑩ : air chamber for pressure control.
- ⑪ : air flow meter.
- ⑫ : air suction pump.

그림 1. 무인반송차의 측정장치 DIAGRAM

### 2.2.3 미립자 농도의 측정방법

무인반송차의 운전에 따라 미립자가 발생되어 미립자 농도는 배기덕트내를 흐르는 기류를 샘플링, 레이저 파티클카운터를 사용하여 입경별로 측정한다. 레이저 파티클카운터의 흡입을 돕기 위하여 공기를 배기덕트에서 균

압용기를 경위하여 흡입펌프에 따라 흡입하여 샘플링한다.

측정의 순서는 아래와 같다.

(1) 미립자 발생량 측정상자의 급기와 배기의 밸런스를 측정하고 누설되지 않는지 확인한다.

(2) 타이어식 무인반송차를 미립자 발생 측정상자의 내부에 설치한다.

(3) 미립자 발생량 측정상자의 내벽 바닥의 표면, 타이어식 무인반송차의 타이어, 차체등을 크린룸용 청소용품으로 청소한다.

(4) 타이어식 무인반송차의 정지상태에 있어서 미립자 발생량 측정상자의 배기중의 미립자농도를 측정할때 십분 적은값이 나타나는 것을 확인한다.

(5) 타이어식 무인반송차를 운전하고 미립자 발생량 측정상자의 배기중에 포함되어 있는 미립자농도를 입경별로 측정한다.

### 2.2.4 미립자 발생량의 계산방법

타이어식 무인반송차에 한하여, 자동화장치를 운전할때의 미립자 발생량 측정상자에서의 배기중 미립자농도, 그리고 배기량으로 (1)식에 따라 단위시간의 미립자 발생량을 계산한다.

$$N = CQ \dots\dots\dots (1)$$

- N : 미립자 발생량 ( 개 / min )
- C : 배기중의 미립자농도 ( 개 /  $m^3$  )
- Q : 배기유량 (  $m^3$  / min )

2.3 결과·고찰

2.3.1 미립자 발생의 시간에 따른 변화

타이어식 무인반송차의 운전에 따라 발생된 미립자 농도의 시간에 따른 변화를 그림 2에 표시하였다. 미립자 발생량 측정상자의 배기중 미립자 농도는 타이어식 반송차의 운전개시후 약 10분을 경과하였을때 대개 일정의 값을 나타낸다.

따라서 미립자 발생량의 계산에는 운전개시후 10분~30분의 20분간의 미립자농도의 평균치를 채택한다.

배기중의 미립자농도는 운전개시 직후에는 정상상태의 수배의 값을 나타낸다.

기동시에 일어나는 타이어와 바닥면의 공전이 원인으로 생각된다.

2.3.2 크린형과 통상형의 미립자 발생량 비교

그림 3에 크린형과 통상형의 발진량을 적재하중과의 관계를 표시한다. 입경  $0.11\mu m$  이상, 그리고 입경  $0.3\mu m$  이상의 어떤경우에도 크린형의 미립자 발생량은 보통형의 10분의 1 이하이다.

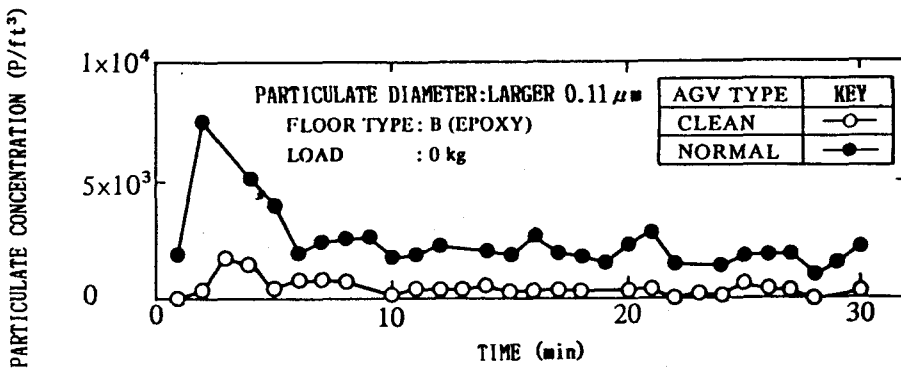


그림 2 무인반송차의 운전중에 미립자 농도의 변화

2.3.3 미립자 발생량과 바닥재의 관계

그림 4에 크린형의 미립자 발생량과 적재하중의 관계를 바닥재의 종류별로 나타낸다. 적재하중의 증대에 따라 미립자 발생량은 감소하는 경향을 나타낸다.

하중의 증대에 따라 타이어의 공전, 미끄러짐등이 감소되고 바닥면과 타이어의 마모가 많지않은 이유라고 생각된다.

미립자 발생이 적은 바닥재는 A의 염화비닐시트와 B의 대전방지 에폭시 바닥이다. C의 논스립사용 에폭시바닥은 A와B를 비교하여 약 2배의 미립자 발생량이 나타난다. A와B의 표면은 평활하고 C의 표면은 미끄럼을 방지하기 위하여 요철이 있다. 미립자 발생을 방지하기 위하여 바닥면을 평활하게 하는것이 바람직하다.

2.4 타이어식 무인반송차의 크린룸에의 적합성

크린타임의 입경  $0.11 \mu m$  이상의 미립자 발생량은 매분 수천에서 수만개 정도가 된다. 크린룸용 의복을 착용한 사람에서 발진량은 매분 수십만에서 수천만개가 되므로, 이런 비교로 타이어식 무인반송차의 미립자 발생량은 적고, 크린룸의 오염방지에 유효하다고 말한다.

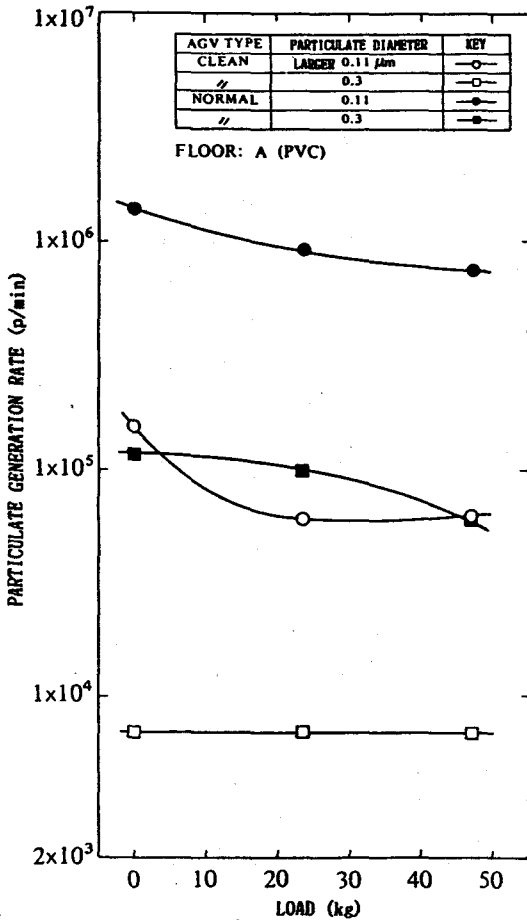


그림 3. 크린타임과 보통타임 무인반송차의 미립자 발생량

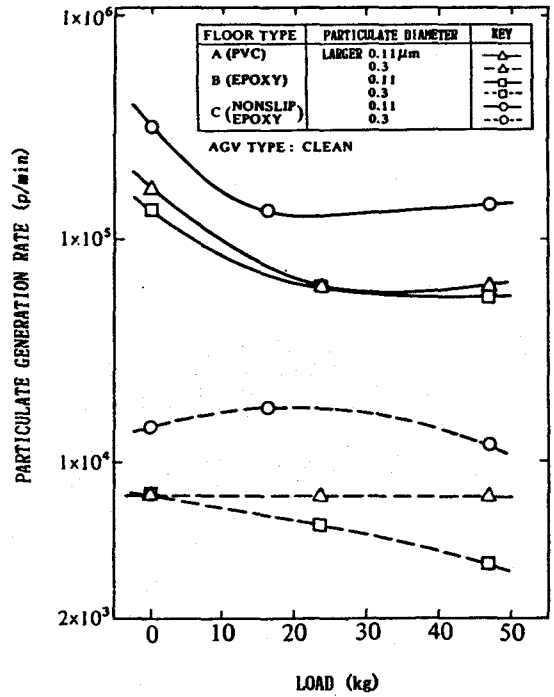


그림 4. 바닥재질에 따른 적재하중과 미립자 발생량과의 관계

3. LINEAR INDUCTION MOTOR

반송기의 미립자 발생량 측정예

3.1 linear induction motor carrier의 개요

가이드레일에 따라 크린룸내의 일정경로를 이동하는 반송장치의 예로서, linear induction motor carrier(LIM)의 미립자 발생량을 측정된 결과를 나타낸다.

측정한 LIM은 지상 일차구동방식의 linear induction motor에 의해 알



루미넨스의 가이드레일위를 치차가 주행하는 방식으로 되어있다. 따라서 통상 사용되어지고있는 치차에 모타를 탑재하는 방식의 가이드레일 방식 반송장치와는 다르고, 치차에의 전기공급은 필요없으므로 미립자 발생원의 하나인 레일로부터의 집전기구(集電機構)는 없다. 따라서 본 반송기는 크린룸내에 사용하는 것을 의도하여 만들어서 본질적인 미립자 발생부위가 적고 크린룸내에 사용하여도 적절하다고 생각된다. 주행치차는 길이 50 cm×폭 26 cm×높이 15 cm이고, 연직방향의 하중을 받는 4륜의 주행륜과, 수평방향의 하중을 받는 4륜의 측륜에 의해 지지되어지고 가이드레일위를 주행한다. 최고속도는 6 m/s, 최대 반송하중은 10 kg이다. LIM의 외관은 사진 2와 같다.

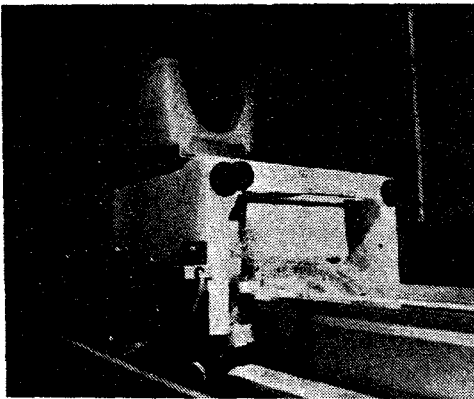


사진 2. 미립자 발생량의 측정을 위한 linear induction motor carrier(LIM)의 사진

### 3.2 실험방법

#### 3.2.1 실험장치의 구성

전장 6 m의 가이드레일을 그림 5에 표시된 실험용 닥트내에 설치한다. 실험용 닥트는 60 cm×60 cm의 정방형 단면이고 재질은 스텐레스이다. 실험용 청정공기를 공급한다. 닥트내부의 가이드레일 바람아래측에는 등간격으로 배관에 6 구멍의 흡입구멍을 만들어 미립자의 샘플링 포트를 설치한다.

#### 3.2.2 linear induction motor carrier의 운전조건

치차를 전장 약 6 m의 가이드레일위에 놓고 왕복주행한다. 주행속도 (1.4~3.0 m/sec), 부하 (치차에의 적재하중, 0 kg과 9.4 kg), 도중정지 회수 (양단 2스테이션과 중간 3스테이션을 포함하여 5스테이션) 등을 적절히 변경하여 주행한다.

또 차륜의 베어링에서의 미립자 발생량을 조사할 목적으로 범용 Seal과 자기 Seal 베어링의 두 종류에 대하여 측정한다.

#### 3.2.3 미립자 농도의 측정방법

미립자 농도는 실험용 닥트의 바람아래측에 설치된 샘플링구멍에 레이저 파티클카운터로 입경 0.11 μm 이상을 측정한다.

#### 3.2.4 미립자 발생량 측정방법

미립자 발생량 측정상자를 사용한 경우와 같이 (1)식에 의해 실험닥트를 흐르는 정정

공기의 유량과 바람아래측에서 측정된 배기 중의 미립자 농도에 의해 단위시간당의 미립자 발생량을 계산한다.

치차를 정지한 상태에서 가이드레일의 바람위측의 미립자농도는 입경  $0.11 \mu m$  이상에 대해  $40 \text{ 개} / \text{m}^3$  ( $1.4 \text{ 개} / \text{ft}^3$ ) 이하이고, 가이드레일의 바람아래측에서는 약간 높은 값을 나타낸다. 치차를 정지한 상태의 미립자농도를 백그라운드 값이라하고, 주행시에 측정된 미립자농도에서 차를 구한다.

에서 입경  $0.11 \mu m$  이상의 미립자 발생량은 범용 Seal 베어링을 사용한 경우에는  $14,500 \text{ 개} / \text{min}$  이고 자기 Seal 베어링은  $1,700 \text{ 개} / \text{min}$  이다. 자기 Seal 베어링을 사용함으로써 미립자 발생량은 8분의 1을 줄일수 있다. 부하  $0 \text{ kg}$ , 5 스테이션에 정지, 최고속도  $1.6 \text{ m} / \text{sec}$  의 경우, 자기 Seal 베어링을 사용함에 의해 발전량을 6분의 1을 낮출수 있다. 양단의 2 스테이션에 정지한 경우에도 발전량이 적은 경향을 표시한다.

- ① : clean duct.
- ② : ULPA filter for inlet air cleaning.
- ③ : guide rail (monorail) for vehicle
- ④ : vehicle
- ⑤ : air sampling port.
- ⑥ : laser particle counter.
- ⑦ : air inlet.
- ⑧ : air outlet.

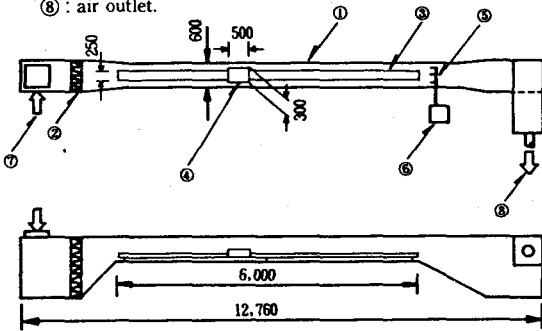


그림 5. LIM의 측정장치 DIAGRAM

### 3.3 결과 · 고찰

3.3.1 베어링의 종류에 따른 미립자 발생량의 차이

그림 6에 입경이상의 총입자수로 표에 미립자 발생량을 표시한다. 부하  $0 \text{ kg}$ , 양단 스테이션정지, 최고속도  $3.0 / \text{m} / \text{sec}$ 의 조건

### 3.3.2 주행속도와 미립자 발생량의 관계

그림 7에 범용 Seal 베어링을 사용한 경우에 가속도와 입경  $0.11 \mu m$  이상의 미립자 발생량의 관계를 표시한다. 하중의 유무에 따라 약간의 다른 특성을 나타내고, 가속도와 미립자 발생량은 비례한다. 관찰에 의해 정지상태에서 추진될때에 순간적인 차륜의 공전시 차륜과 가이드레일의 표면 접촉부분은 미끄럼 마찰이 생긴다. 이때의 미립자 발생은 많은 고려를 해야한다. 가속의 급격한 변화가 있을때, 차륜이 공전시에 미립자 발생량이 많다는 것을 유의해야 한다. 하중  $9.4 \text{ kg}$ 의 경우에  $0 \text{ kg}$ 과 비교하여 미립자 발생량은 적은 경향을 나타내고 있고 차륜의 가이드레일에 대한 접촉력이 증대시 공전이 어렵기 때문이다.

### 3.4 LIM의 크린룸의 적합성

자기 Seal 베어링을 사용한 LIM의 미립자 발생량은 매분 수천개 정도이다.

이 수치는 사람에서 미립자 발생량과 비교할때 매우 적은 양이다. 또 측정된 LIM는 치치측에 구동장치를 필요치 않고 지상일차 구동방식을 채용하고 있어서, 차륜과 베어링을 제거한 미립자 발생의 가능성이 없기에 본질적으로 크린룸내에 사용하기에 적합하다. 더구나 본 방식의 LIM을 응용한 청수건설(주)와 신평전기(주)의 공동으로 사진 3에 표시한 크린룸용 웨이퍼 자동이송시스템(CLEANWARP)을 개발하였다.

#### 4. 수평다관절 로봇의 미립자 발생 측정에

##### 4.1 수평다관절 로봇의 예

반송장치와는 달리 고정하여 사용하는 자동화 장치의 예인데, 크린룸용 로봇 미립자 발생량을 측정 결과를 표시한다. 측정된 로봇은 material handling 등에 사용할 목적으로 개발되어졌고 자유도 4의 수평다관절형의 지능 로봇이다. 구동원은 서브모타이고, 복합동작시에 최고속도는 4100 /sec, 운반중량은 최고속도에서 3kg 이고, 실용최고속도(최고속도의 70%)에서는 5kg이다.

본 로봇의 미립자 발생 방지기구는 아래와 같다. 회전부분, 접촉부분에서의 마찰 등에서 발생된 미립자의 발산을 방지하는 목

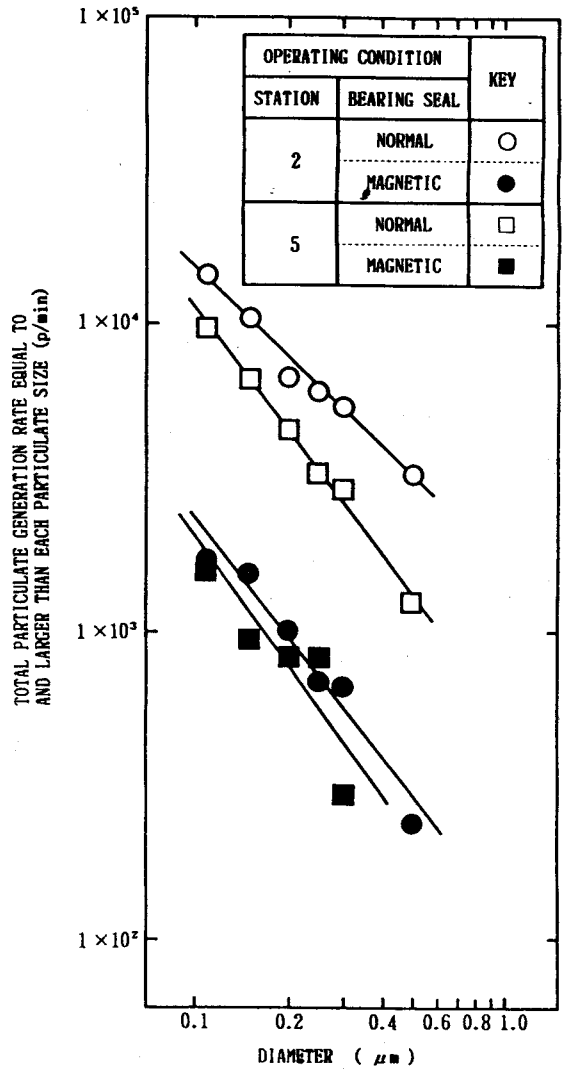


그림 6 LIM의 미립자 발생량

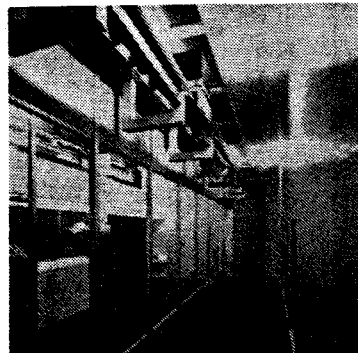


사진 3 LIM이 적용된 "CLEANWARP" 이란 자동웨이퍼 이송 시스템의 사진

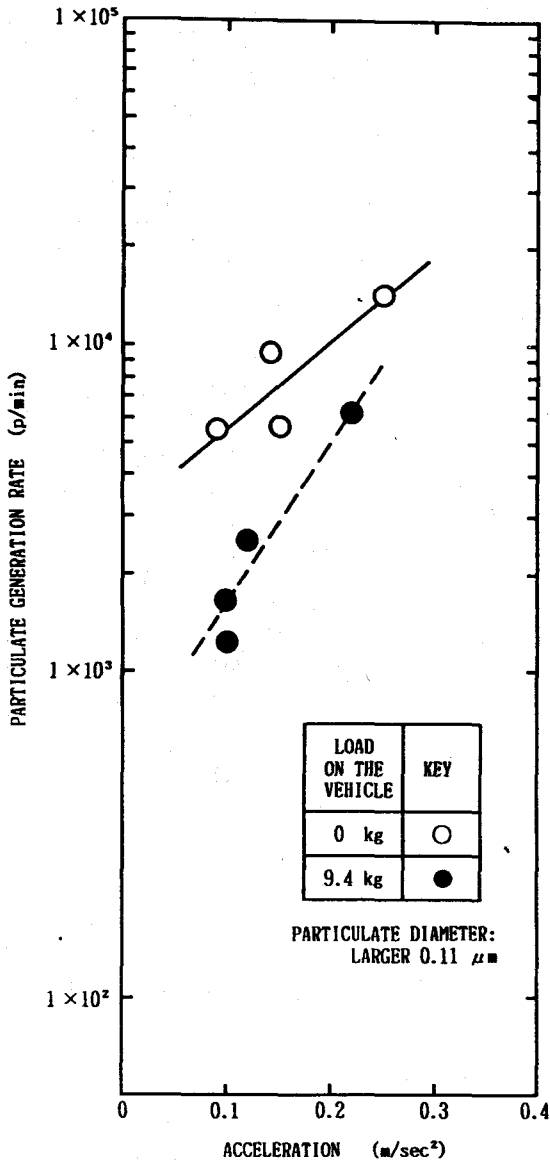


그림 7 범용 Seal 베어링의 LIM에서 가속도와 미립자 발생량과의 관계 적으로 구동장치, 베어링등은 완전히 밀폐되어 있다. 그래도 카바의 사이에서 미립자 발생을 방지하기 위하여 배기장치를 접속하여 공기를 흡입하여 내부를 부압으로하

는 방법을 채용하고 있다. 로봇의 외관은 그림 8 과 사진 4 에 나타낸다.

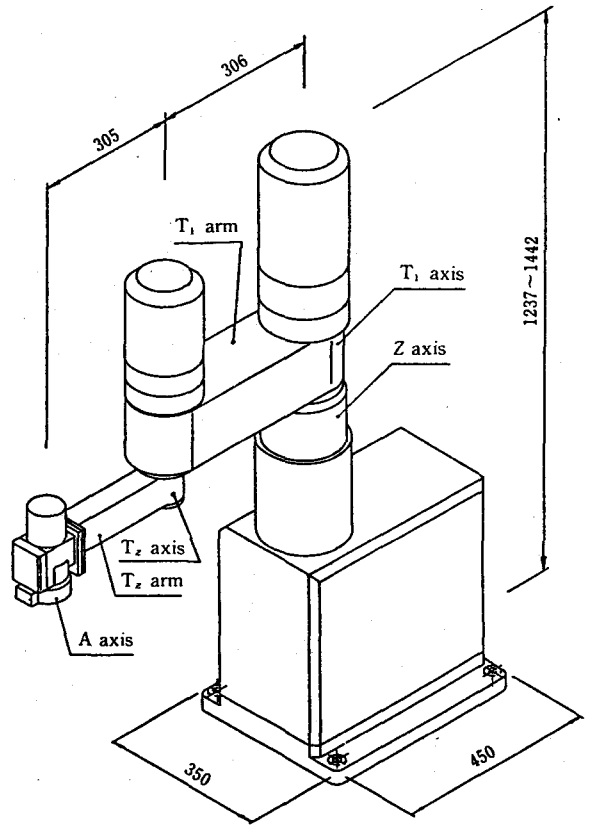


그림 8. 미립자 발생량 측정의 scaler 타입 로봇 DIAGRAM

#### 4.2 실험방법

##### 4.2.1 실험장치의 구성

발진량의 측정에는 「 2.타이어식 무인반송차의 미립자 발생량 측정에 」와 같고, 그림 1의 미립자 발생량 측정장치를 사용하였다. 로봇의 제어장치, 전원장치, 내부를 부압으로 유지하기 위한 배기장치는 미립자 발

생량 측정상자의 외부에 설치한다.

#### 4.2.2 로봇의 운전조건

로봇은 각축을 일제히 동작시켜 총합운전하에 총 미립자 발생량을 측정한다. 또 각축을 단독으로 운전하여 각각의 축에서 부분 미립자 발생량을 측정한다. 동작범위는 최대치로 한다.

#### 4.2.3 미립자농도의 측정방법

미립자가 발생한 미립자농도는 「 2. 타이어식 무인반송차의 미립자 발생량 측정에 」와 동일한 방법으로 측정한다. 즉 미립자 발생량 측정상자의 배기덕트내를 흐르는 공기중의 미립자농도를 레이저 파티클카운터를 사용하여 입경별로 측정한다. 로봇을 운전하기 전에 미립자 발생량 측정상자 내부의 미립자 농도가 매우 낮게된 것을 확인한후 측정을 시작한다.

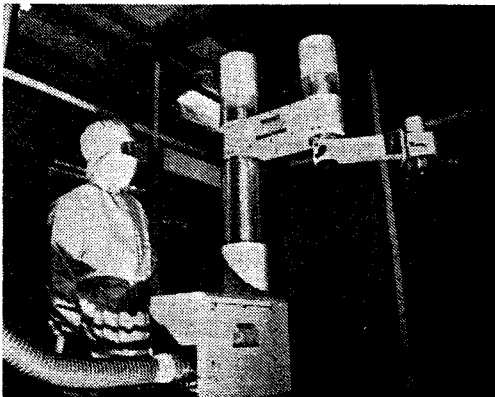


사진 4. Scaler 타입 로봇의 사진

#### 4.2.4 미립자 발생량의 계산방법

타이어식 무인반송차의 경우와 동일하게, 로봇을 운전할때에 미립자 발생량 측정상자에서 배기중의 미립자농도를 배기량에서 (1)식에 의해 단위시간당 미립자 발생량을 계산한다.

### 4.3 결과·고찰

#### 4.3.1 미립자 발생 방지기구의 효과

본 로봇의 미립자 발생 방지기구 특징은 내부의 공기를 흡입하고 회전부분등에서 발생한 미립자의 비산을 적극적으로 방지하는 것이다. 그림 9에 로봇을 실용최고속도(최고속도의 70%)에서 총합적인 동작을 시킨경우에 미립자 발생량 측정상자에서 배기중의 미립자농도를 표시한다. 운전개시 후 30분마다 미립자농도는, 공기를 흡입하지 않는 경우에는 공기 1ft<sup>3</sup> 중에 수천개의 미립자가 측정되어지고, 공기를 흡입한 경우에는 거의 측정되지 않는다. 따라서 공기를 흡입하고, 로봇 내부를 부압으로 유지하는 방법은 유효한 것으로 평가된다. 배기하는 공기량은 로봇의 Z축(연직방향에서 직선운동하는 축)의 피스톤 효과로 배출되는 공기량에서도 많이 된다면 좋다는 것을 실험에서 확인된다.

#### 4.3.2 부분 미립자 발생량

로봇 내부에서 공기 흡입장치를 정지하

고, 일부러 미립자 발생이 쉬운 장치를 유지하고 각축은 단독으로 운전하여 측정된 경우의 부분 미립자 발생량을 그림 10에 표시한다. 연직방향에서 직선운동하는 Z축에서 미립자 발생이 최고 많고 입경  $0.11\mu\text{m}$  이상이 약  $4 \times 10^6$  개 / min 이 나타난다. 다른 축은 어떤것도 수평방향의 회전축에 있는 Z축과 비교하면 거의 미립자 발생을 인지할 수 없다. 곧 Z축의 운전에 따른 미립자 발생의 영향이 매우 크다는 것을 알았다.

4.3.3 장시간 운전시의 미립자 발생량  
로봇의 최고속도로 약 40시간, 복합동작으로 운전할 경우의 미립자 발생량을 측

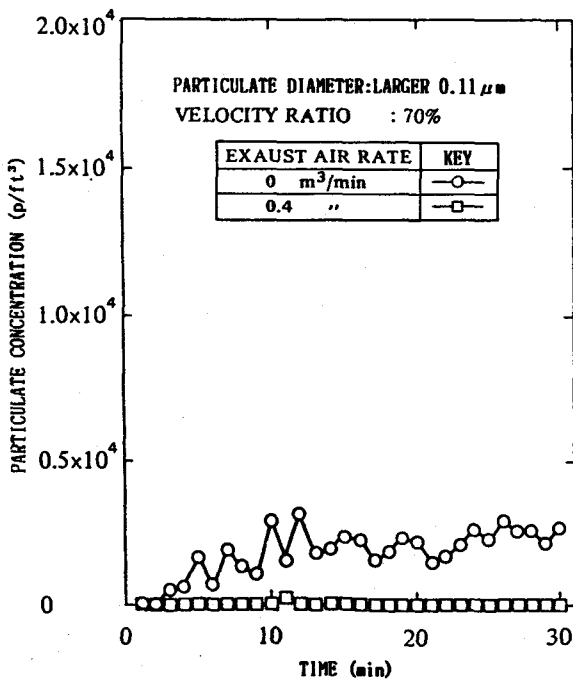


그림 9. 로봇으로부터 배기의 효과  
(복합 운전의 경우)

정한다. 실제 공장에서는 그런 과혹한 사용 조건을 할수 없으므로 가속시험으로 실시한다. 이런결과 경시적 미립자 발생량은 안정한다. 평균 미립자 발생량은  $4.6 \times 10^2$  개 /min 이다.

#### 4.4 수평다관절 로봇의 크린룸에서의 적합성

본 로봇트는 각부를 밀폐시 내부의 공기

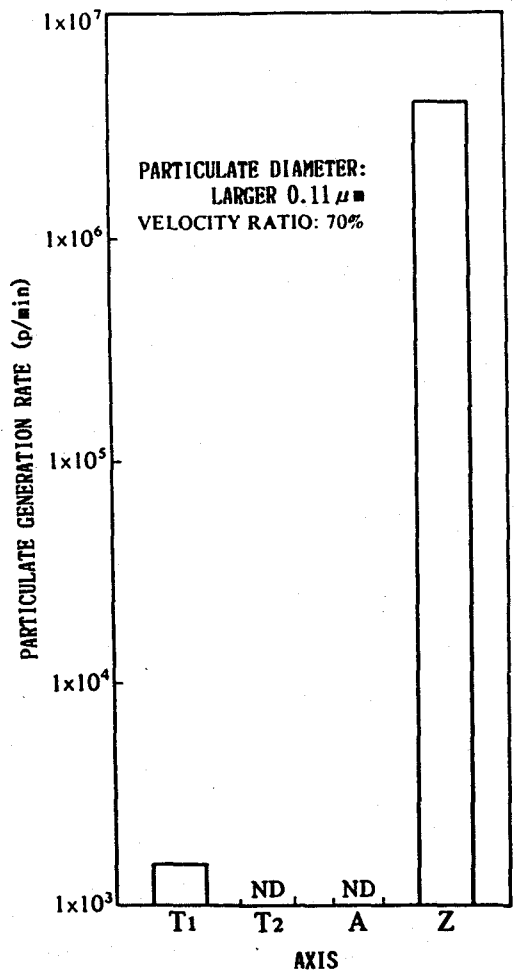


그림 10. 배기가 없는 경우 로봇트의 각 부분으로부터 미립자 발생량의 비교

를 흡입함에 따라 입경  $0.11\mu m$  이상의 미립자 발생량은 매분 수백개 이하인 것이 현실이다. 이 로봇트는 사람과 비교할때 매우 미립자 발생량이 적고 슈퍼크린룸에 적용될 수 있다.

### 맺는 말

크린룸내에 사용되는 자동화장치의 미립자 발생량 측정의 실예를 무인반송차, linear induction motor 반송기, 수평다관절 로봇트에 관하여 나타냈다. 각 자동화 장치 모두는 사람과 비교하여 매우 적은 미립자 발생량이고 크린룸에 사용하는데 적합하다.

측정할 때에는 각 자동화 장치의 특성, 크린룸의 조건등을 고려하여 가능한한 실제 사용상황에 가까운 상태에서 할 것을 바란다. 여기서는 미립자 발생량을 앞에 서술한

자동화 장치의 주변에 부착되는 미립자의 측정예를 생략하였다.

### 참고문헌

1) クリーンルームの運動機構からの發じん量測定法専門委員會. クリーンルームの運動機構からの發じん量測定法について: 第6回空氣清淨とコンタミネーションコントロール研究大會(1987).

2) 加瀬 他: 自動化裝置のクリーンルームに及ぼす影響(No. 1): 第5回空氣清淨とコンタミネーションコントロールに関する技術研究大會(1986)

3) 加瀬 他: 自動化裝置のクリーンルームに及ぼす影響(No. 2): 第5回研究清淨とコンタミネーションコントロールに関する技術研究大會(1986).

