



최근의 수송환경 계측과 해석의 동향

Recent Trend in Analysis of Transportation on Environment

椎名 武夫 / 農水省 食品綜合研究所 食品工學部 流通工學研究室長

1. 머리말

제품이 수송 중에 손상되는 원인의 조사는 40년 이상 전에는 선진적인 기업의 연구자가 화물취급작업이 창고나 항만에서 육안에 의해 해당 낙하높이를 조사, 또는 다른 목적의 가속도 측정기자재나 데이터 레코더를 모아, 수송기관의 진동을 측정하는 등 적재에서 수송환경의 조사가 시작되어, 그 귀중한 자료로부터 포장의 합리화, 수송방법의 개선이 추진되어 왔다.

또 포장화물의 시험방법규격의 필요성에서 당초는 외국의 규격을 참고로 해 시험용기의 기호 표시방법이나, 낙하시험, 압축시험, 육각드럼시험 등이 1955년까지 JIS규격화 되었다.

그 후, 실제의 수송환경에 대응한 포장화물과 그 시험방법의 지침으로 하기 위해, 1966년에 일본포장기술협회가 「적정포장조사위원회」를 설립, 약 2년에 걸쳐 수송시험과 앙케이트조사를 실시, 그 성과를 「적정포장의 확립을 도모하기 위한 수송충격조사성과보고서」로 마무리 되

었다. 이 조사에는 이미 수송환경조사를 목적으로 해 일본에서 제조되고 있던 기계식 충격기록계가 사용되어 그 데이터의 해석이 행해지고 있다.

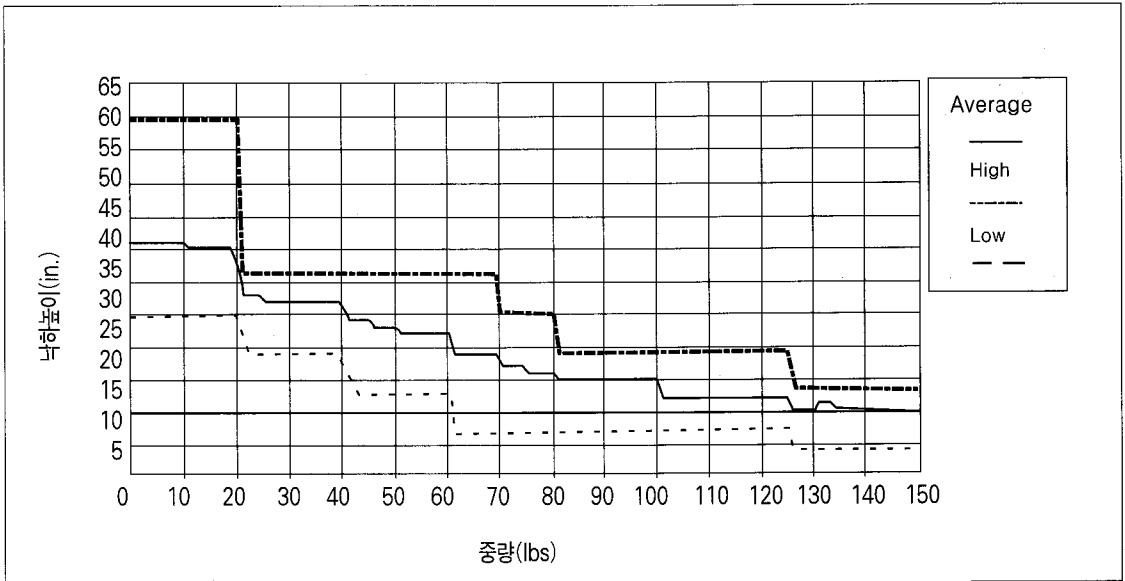
이것들의 보고와 위원회의 포장화물 시험방법에 관한 기본방침을 기초로 1973년 JIS Z 0200 「적정포장화물시험방법」이 제정되었다.

그 후 많은 기업이 수송환경기록계 등의 측정기자재를 사용해 각자의 수송실태조사를 실시, 포장의 합리화, 수송방법 개선의 기본적 자료로서 커다란 역할을 했지만, 정보화시대인 현대에서는 더욱 더 각종 기자재와 해석방법의 발전에 따라 데이터의 공개와 공유화를 추진하는 활동이 세계적으로 확산되려고 하고 있다.

2. 최근의 수송환경 조사

수송환경(화물취급에 의해 포장화물이 받는 충격가속도, 적재함에서의 주행 중 진동가속도와 주파수 및 수송기간중의 온습도 등의 물리

(그림 1) 낙하높이와 포장화물 중량

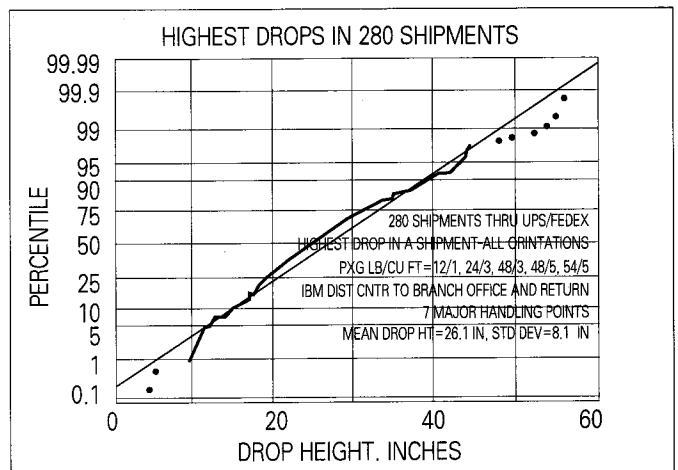


적인 환경)의 계측은, 종래는 주로 기계적 측정기, 전기적 측정기에 의한 아날로그 기록방식이 사용되고 있었지만, 15년 정도 전부터 디지털방식의 기록계가 개발되어, 수송환경기록계로서 사용되기 시작했다.

그 후 컴퓨터의 고성능화에 따라, 데이터 해석이 용이하게 되어, 일본 국내는 물론, 해외의 수송환경 조사에도 사용되어, 그 데이터를 기초로 각자 독자의 포장화물시험 규격의 작성, 포장의 합리화와 쉼자원화에 도움이 되었다.

그러나 그 자료의 작성에는 많은 비용과 수송 루트, 상품, 포장방법 등의 독자성 관계에서 각

(그림 2) 낙하높이의 발생확률

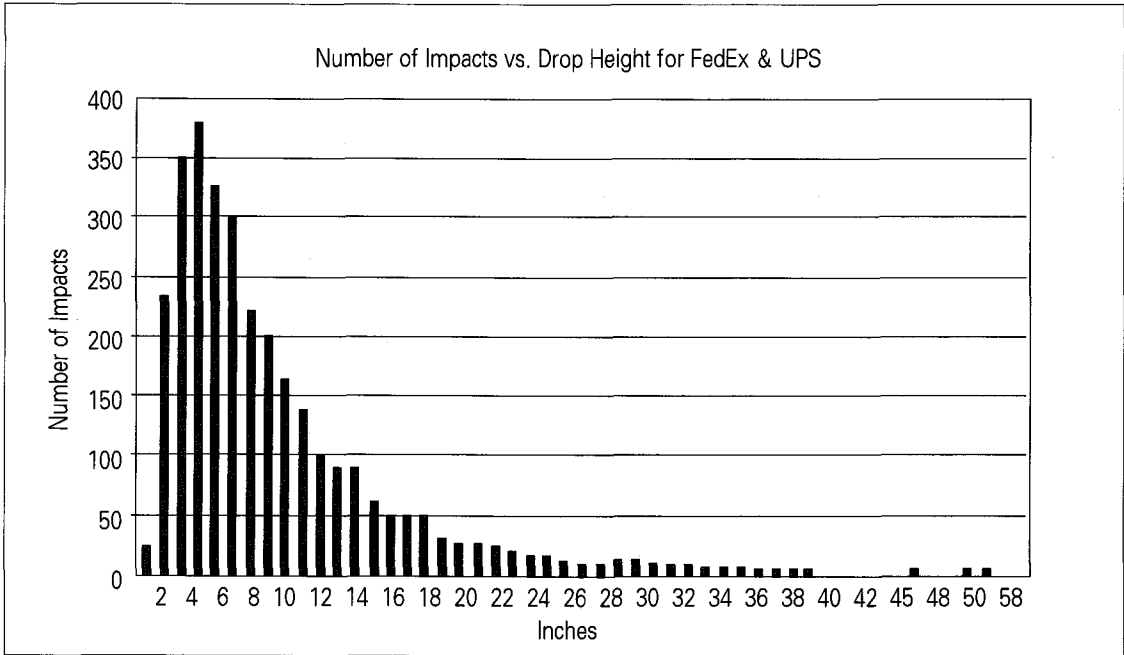


기업 모두 사외비의 자료로서 취급돼, 일부의 연구기관, 기업을 제외하고 공개될 기회는 적은 것이 실상이다.

미국에서는 종래부터 각종 협회, 공적 기관,



(그림 3) 낙하높이의 횡수 분포



학교, 기업 등에서의 보고서로서 수송환경의 데이터가 많이 발표되고 있지만, 최근에는 컴퓨터관련 포장기술자가 수송환경의 계측과 해석을 목적으로 75사가 참가한 그룹(MADE)을 1991년에 발족, 적극적으로 활동하기 시작한 것은 휴렛패커드社의 기술자를 중심으로 1996년부터로, 데이터의 수집(그림 1), [그림 2]과 함께, 그 성과가 홈페이지에 발표되고 있다.

MADE가 사업 초기에, 페이지 α 로서는 수송환경계측기재의 비교교정을 위한 포장화물 dummy의 수송시험, 페이지 β 로서 미국 동서도 시간의 시험수송을 실시해 그 성과를 정리하고 있다. [그림 3]은 그 일례이다.

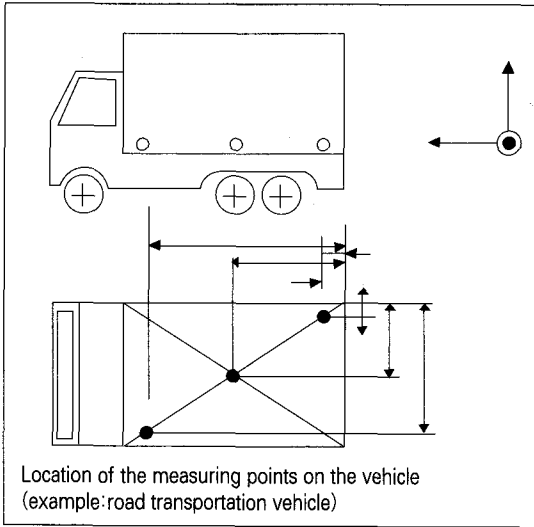
이렇게 공동으로 수송환경의 조사나, 데이터

베이스의 구축은, 일본에서도 계획, 일본포장학회의 수송환경연구회(MAIDE)에서, 수송환경 기록용 레코더를 사용하고 있는 기업이나 연구소에 양케이트를 실시, 데이터의 제공이 가능한가 등을 조사했다.

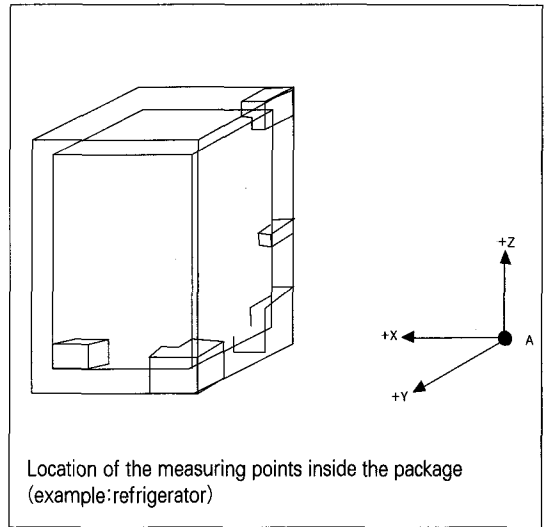
또 IEC/TC104(환경조건, 분류, 시험방법)위원회에서는, WG14로서 기상적 환경조건, WG15로서 동적 환경조건(진동, 충격)의 데이터베이스 구축을 위해, 세계에 데이터제공에 관한 양케이트를 시작하고 있으며, 이 데이터베이스의 공개와, 장래적으로는 그 데이터를 기초로 한 전기제품의 시험방법 재검토를 도모할 것이라고 생각된다.

독일의 DIN 30787-1999에서는 수송환경에서의 진동·충격측정방법을 상세히 규정할 계획

(그림 4) 트럭의 진동측정점



(그림 5) 포장내용품의 측정기 위치(냉장차)



이며, 수송차량의 가속도 계측위치나 주행속도 등등, 또 포장화물내의 기록계 부착위치 등등 [그림 4], [그림 5] 및 데이터의 처리와 해석방법 등의 세부에 걸쳐 기재되고, 이 규정에 기초한 동일조건에 의한 데이터베이스의 구축을 계획하고 있다.

이렇게 세계적인 수송환경의 데이터베이스화 동향은, 한 기업이나 연구기관만의 데이터에서는 한계가 있으며, 데이터를 널리 수집해 공개하는 방법이, 정보화시대의 포장과 수송의 합리화에 적합하다고 생각된다.

포장화물수송시험방법의 규격도 새로운 수송 환경데이터에 근거하지 않으면 안된다.

예를 들어 JIS Z 0200-99 「포장화물 - 평가 시험방법통칙」은 ISO 4180 - 1980과의 합리화가 행해졌지만, 진동시험방법으로서 JIS에서는, 주체로서 스위프시험, 참고시험으로서 불규칙 진동시험이 실시되고 있었지만, ISO에서는 일

정 저주파진동수(5~10Hz)의 진동시험이 되고 있으며, 제정 년도가 오래되어서 현대의 실상에 맞지 않는다.

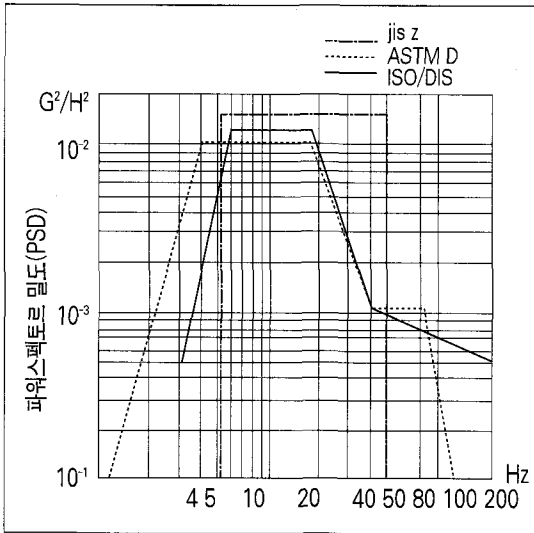
수송의 실태로서는 불규칙진동시험이 바람직하고, 시험장치도 일반적으로 충분하게 대응할 수 있는 상태가 되고 있으며, 작년 말에 ISO/FDIS 13355로서 심의가 진행되고 있기 때문에, 수년 후에는 JIS에도 추가시킬 것이라고 생각된다.

[그림 6]과 같이 불규칙진동의 수준은, 파워스펙트로밀도(PSD)로서 표현되지만, 이것은 많은 트럭적재함의 진동을 계측기록하고 주파수가 해석된 것으로, 현재로서는 충격기록계의 데이터를 컴퓨터와 해석소프트웨어에 의해 PSD로 처리하고 나서, 시험시간을 단축하기 위한 소정의 배율을 가산해 단순화한 것이다.

포장화물시험의 낙하 높이는, 포장화물질량별



(그림 6) 3규격의 PSD 선도

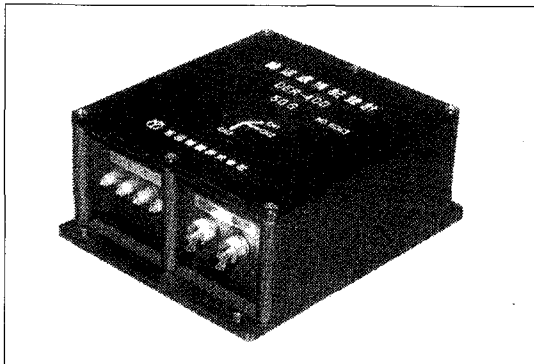


에 따른 낙하높이의 정규누적분포((그림 2) 등)에서, 어느 범위의 낙하높이 확률까지 손상되지 않는 포장을 적정한 포장으로 하는가를 판단해 결정되어 왔다.

3. 수송환경의 계측과 해석

수송환경의 기록계는, 기록계 자체가 진

(사진 1) 수송환경기록계



동·충격 및 광범위한 온도도에 견딜 필요가 있으며, 그 때문에 구성부품에 많은 제약이 있었다.

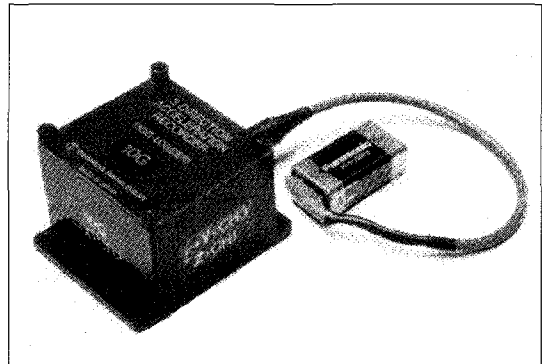
그러나 최근의 센서기술, 省전력의 마이크로 컴퓨터, 전지성능의 향상에 의해 소형 경량으로 일체화된 그 기재를, 포장화물의 내용품 일부 또는 dummy로 고정, 혹은 수송기관이나 컨테이너 내에 설치해, 장기간의 가속도, 온도 등의 상품 유통환경으로서 필요한 데이터를 수록, 컴퓨터와 해석소프트웨어에 의해 각종 해석자료로서 처리할 수 있다.

또 간단한 방법으로서 직접 프린터로 데이터를 인쇄하는 방식의 제품도 있다.

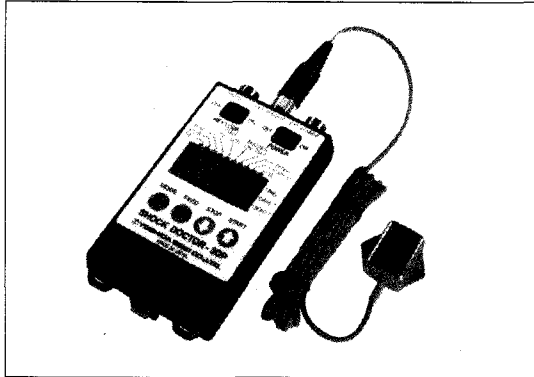
수송환경을 계측해 기록하는 기재는 최근 여러 종류가 판매되고 있지만, 사용 목적 및 해석자료의 내용에 유의해야 하며 예를 들면 10m/s² 정도의 진동과, 1,000m/s² 전후의 충격을 함께 정밀도 높게 계측하는 것은 곤란하기 때문에 주목적에 맞는 가속도 범위에 의한 계측이 바람직하다.

또 전술한 바와 같이, 각처에서 각종 기재에

(사진 2) 3방향 가속도 기록계



(사진 3) 3방향 디지털 충격 기록계



의해 얻은 데이터를 수집해 데이터베이스화를 추진하기 위해서는, 데이터와 해석자료가 공통의 처리방법(예를 들면 Text형식)으로 할 수 없으면 곤란하게 된다.

이 문제는 동일기업 내에서도 공통으로 자료를 이용할 수 없다는 점에서도 중요하다.

계측의 목적에 의해 필요하다고 하는 해석결과는 다르지만, 일반적으로는 다음과 같은 자료가 요구된다(가속도기록에서는 모두 3방향에 관해서).

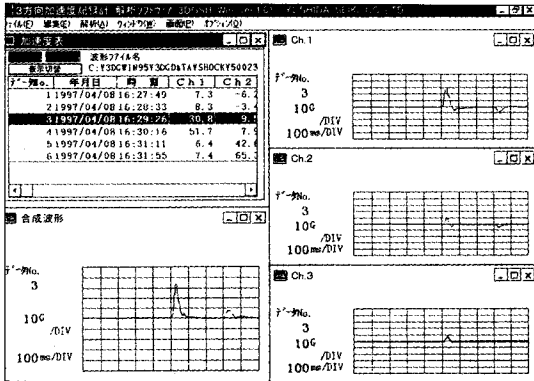
(표 1) 수송환경 기록계 사양

형식	DER-400	3 DG	3 DP	3 DPW
가속시계종류 (내부)	압전저항형	압전3방향일체형		
가속시계종류 (외부)	압전형3ch	압전3방향일체형		
가속도계 (내부) : m/s ²	100, 500, 2,000에서 선택			
가속도계 (외부) : m/s ²	100, 500, 2,000에서 선택			
샘플링레이트 : ms	0.35~100	1, 2, 5		
1파형의 샘플링 수	512	512		102
A/D 변환 : bit	11	10	8	10
데이터 기록수	파형 : 1,015	파형 : 680	피크 : 9,999	파형 : 600
계측타이머	있 음		없 음	
검쳐쓰기 기능	있 음		없 음	
온도측정범위 : ℃	-20~60			-20~60
습도측정범위 : %	0~100			0~100
온습도 측정수	7,200			840
내부전원	9V건전지×16	9V건전지		
외부전원	전지케이스	전지팩		
계측일수	약 1개월		약 10일	약 2일
최대계측일수*1	약 2개월	약 25일	약 50일	약 20일
데이터 출력	컴퓨터		전용프린터	
본체데이터 표시				LCD
본체치수 : cm	16×14.7×7.2	7×8.5×5.2	13.3×7×2.6	
중량 : kg	2	0.25	0.19	

* 1) 외부전원 병용. 통상측정조건인 경우(계측조건에 의행 연장가능)

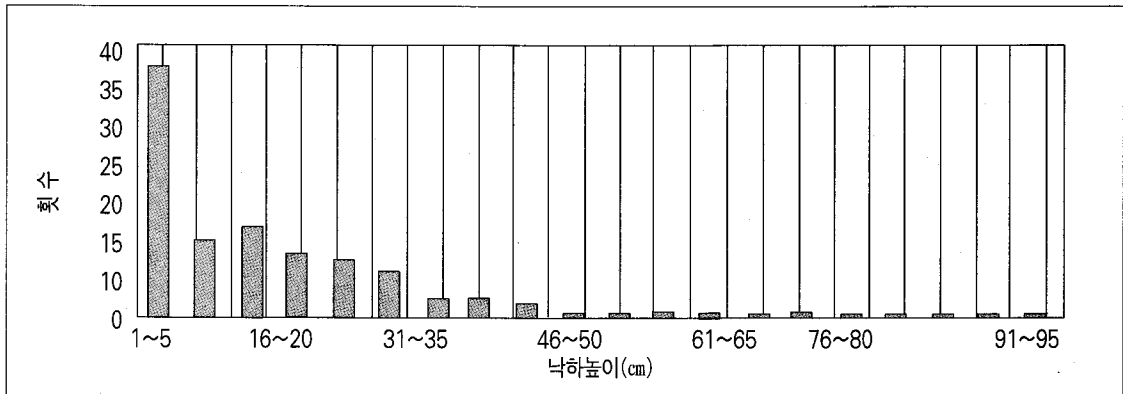


(그림 7) 수송환경기록계의 기록 예

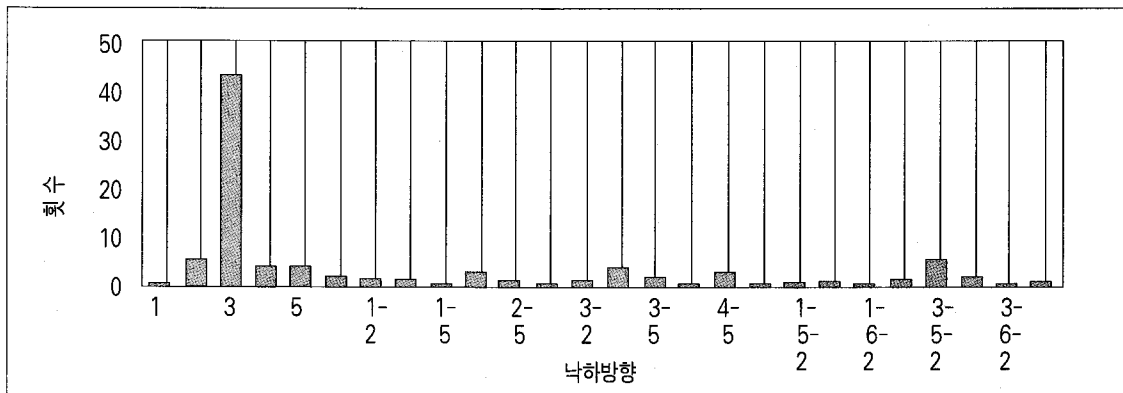


- ① 시계열의 피크 가속도, 피크 가속도 분포 및 가속도 파형
- ② 시계열의 낙하 높이, 낙하 높이 · 낙하 방향 분포
- ③ 진동의 파워스펙트로밀도(PSD), (가속도 파형으로부터의 해석)
- ④ 피크 가속도 및 낙하 높이의 통계 해석(정규누계 분포)
- ⑤ 시계열 온도
그 각각의 표와 그래프 등이다.

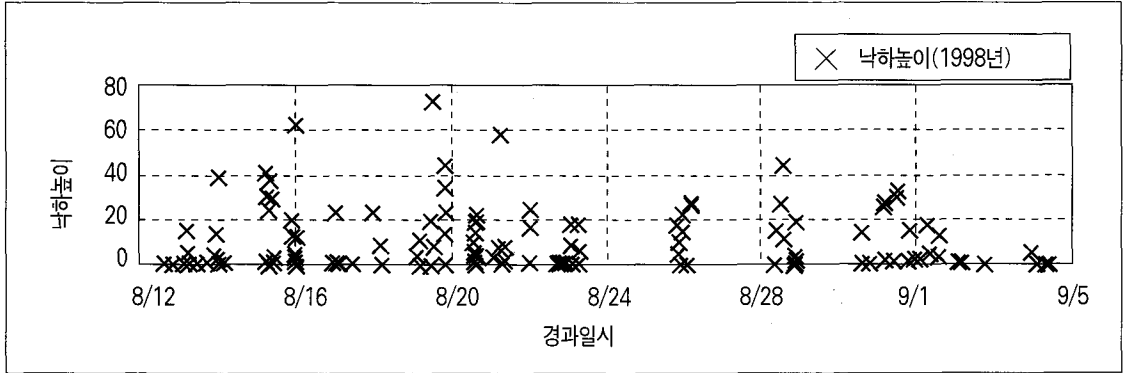
(그림 8) 낙하높이 - 횡수분포그래프



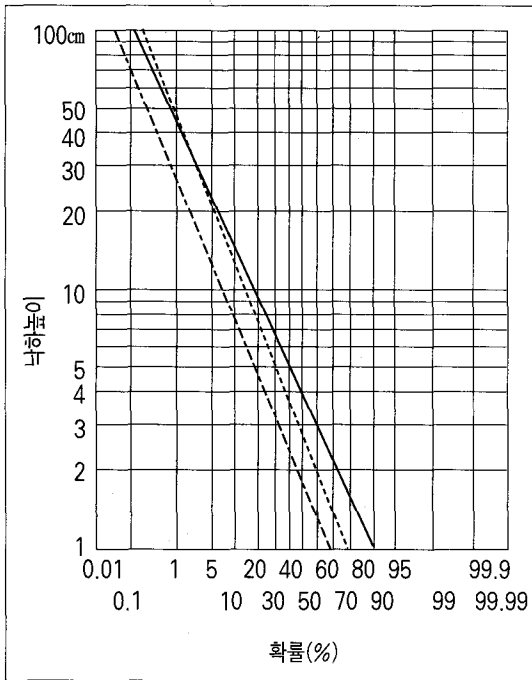
(그림 9) 낙하방향 - 횡수분포그래프



(그림 10) 날짜순 낙하높이 그래프



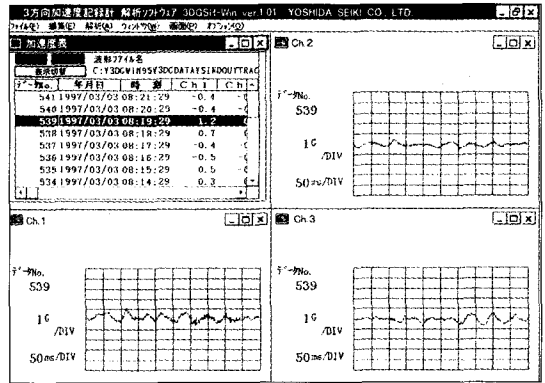
(그림 11) 낙하높이 발생확률



수송환경 계측을 주목적으로 하는 기록계의 주요한 사양 예를 [표 1]에 나타냈다.

모두 당사의 제품으로 [사진 1]은 DER-400형, [사진 2]는 3DG형, [사진 3]은 3DP,

(그림 12) 수송환경기록계에 의한 진동기록



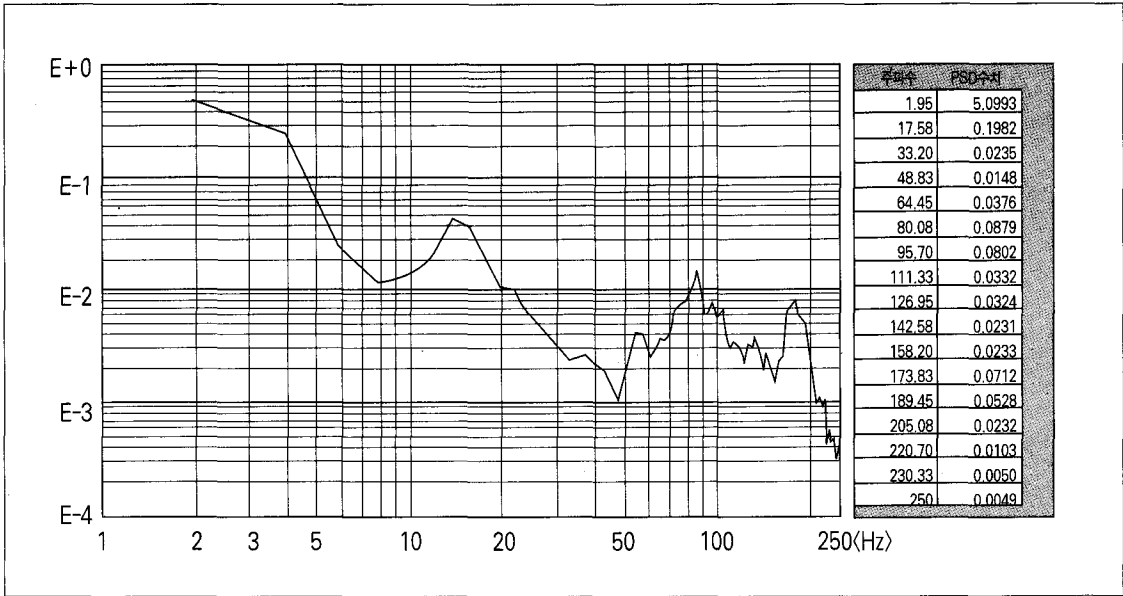
3DPW형이다.

해석결과는 DER-400형은 1~5항 전부, 3DG형은 1~4항, 3DP형은 실내에서의 낙하시험 시의 가속도계측 검증형으로, LCD로 피크 가속도의 표시가 있으며, 3DPW형은 피크 가속도와 작용시간의 표시와, 가속도 파형과 온습도의 기록이 가능하다.

마찬가지로 직접 소형프린터로 인쇄, 컴퓨터로 3DP형은 1항, 3DPW형은 1, 5항의 처리가 가능하다.



(그림 13) PSD 선도



(그림 7)은 DER-400형에 의해 계측된 기록 예로, 이들의 데이터에서 (그림 8), (그림 9)와 같이 낙하 높이와 방향 분포, (그림 10)에서는 충격을 받은 일시에 의해, 어느 장소의 화물취급에 의해 생겼는지를 특정할 수 있다.

(그림 11)은 등가 낙하 높이의 확률을 구한 그래프로, 치수와 질량을 일정하게 한 dummy의 포장화물을 소구 수송으로서 A, B, C의 수송업자에게, 일본 국내의 각지에 수송을 의뢰해, 그 화물취급 상태를 비교한 자료이다.

(그림 12)는 에어서스펜션 적재함을 가진 트럭의 진동기록 예로, 이 데이터로부터는 (그림 13)의 PSD그래프에 해석, 이 데이터를 기초로 진동시험장치의 랜덤제어 테스트 패턴에 변환, 실제 트럭 적재함의 진동과 등가의 진동을 발생시키는 것이 가능하다.

4. 맺음말

포장화물의 수송환경 계측은 근년의 계측기재와 해석기술의 발달에 의해, 신뢰성이 높은 데이터를 얻을 수 있게 되었다.

그러나 같은 수송루트라도 포장화물의 형상, 치수, 질량 등에 의해 화물취급 조건도 변화하기 때문에, 샘플 수를 많게 해 집계의 정밀도를 올리지 않으면 안된다.

최근에는 세계적인 규모로 데이터베이스화의 움직임이 있는 가운데 수송환경의 실상을 보다 정확한 데이터로서 얻기 위해서는, 우선 시험방법과 계측조건을 통일해, 각 기업이 협력, 수송 시험을 실시한 데이터를 수집, 통계처리가 행해진 조직의 운영이 반드시 필요하다고 통감하고 있다. ☐