

환경 시험 방법 (2)



金 政 坤
한라중공업(주)

“

방산물자의 연구개발
노력의 결과가 다른 산업 및
기술 발전에 기여하는 바와
환경시험이 전체적인 연구개발 노력에서
차지하는 비중을 생각한다면
여러가지 환경시험방법을 비교·검토하여
각 연구개발 대상장비의 목적 및
현실에 적합한 환경시험을 개발
및 편조하는 것이 바람직하다

”

환경시험 설계 계획

환경 설계시험계획서에는 대상장비의 개발과 관련된 특정 환경설계변수 및 환경시험계획을 규정하고 있다. 환경설계시험계획서는 대상장비의 설계시방서가 요구하는 각 환경설계조건에 적합하도록 편조된 환경내역으로 구성되어야 하며, 다음 사항들로 구성되고 있다.

— 환경설계변수 및 이에 상응하는 시험기준

— 시험품목의 수량 및 형상
— 환경시험조건·사전시험자료·인간공학적으로인·고장기준 등을 포함한 환경시험 해설

— 시험절차 및 한계
— 시험순서 및 일정
— 계측 항목 및 정확도·계측기 교정기준 및 절차 등을 포함한 시험 계측장비 목록

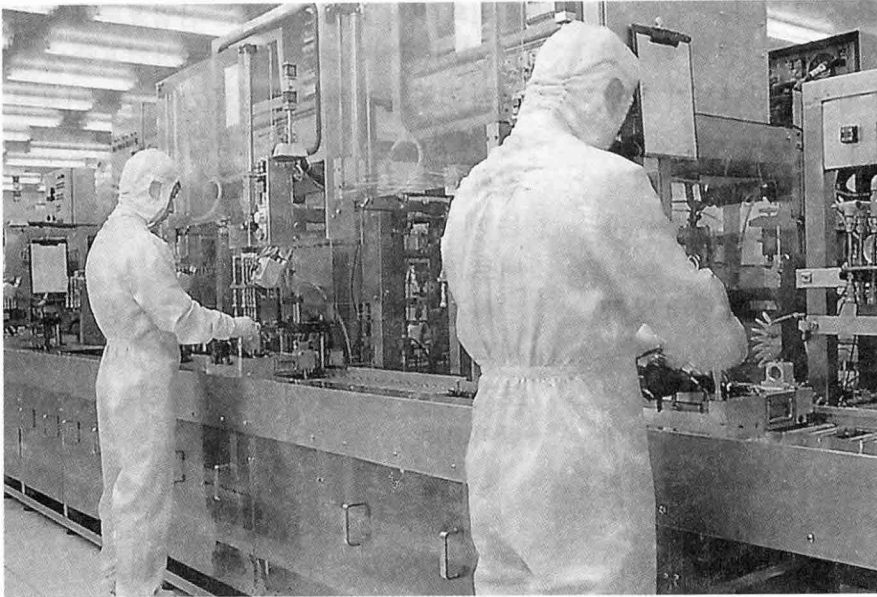
— 환경시험에 필요한 정부제공 또는 업체보유 및 구입가능한 시험설비와 장비 목록

— 시험장치 해설
— 정부제공 시험장비, 시설 및 제공 날짜

— 자료추출방법분석, 평가기준 및 절차

참고로, 환경설계시험계획서 작성시 다음 사항을 고려하는 것이 바람직하다.

— 개별 또는 복합 환경조건에 발생빈도



환경시험 편조과정을 군용장비 뿐만 아니라 상용장비에 적절히 적용할 경우, 높은 신뢰성 및 경쟁력을 가지는 제품을 개발할 수 있다

- 고장 형태 및 예상 결과
 - 장비 작동 및 임무 수행에 끼치는 영향
 - 시험방법에 의지한 하자(瑕疵)검출 가능성
 - 장비 수명주기 동안, 여러 단계에 걸쳐 발생하는 서로 비슷한 환경조건
 - 기타 유사 환경에 배치된 장비 개발 및 운용으로 얻은 경험
- 환경시험 설계계획서는 앞서 결정된 설계 기준을 바탕으로, 장비 검증계획 수립에 필요한 주요 수단을 제공할 것이다.

운용환경 검증 계획

운용환경 검증계획서는 대상장비의 연구 개발 프로그램이 진행되는 동안, 개발 대상 품목의 실지 운용환경을 계측, 자료화시킨 것으로 계측환경자료의 수집방법을 제시하여, 실지 운용환경을 환경시험 설계기준 및 시험 결과와의 비교, 검토 목적에 사용되도

록 하고 있다.

따라서 운용환경 검증계획서에는 다음 사항들이 포함되고 있다.

- 대상장비의 계측위치 및 계측기기에 대한 상세한 해설
- 각 계측임무에 요구되는 계측 내력, 기간 및 계측 시도 횟수
- 계측자료의 수집목적에 이용되는 정부 제공 차량, 시설 및 정보 수집·처리 장비
- 계측 일정, 장소 및 당국과 계약업체 간의 환경기술 관련부서 연락망

계측에는 시험품목 또는 시험품목이 실제로 설치되는 같은 형의 플랫폼함을 사용하는 것이 원칙이나, 최신장비의 개발초기에는 유사 장비 및 플랫폼함을 사용하여 자료를 도출할 필요가 종종 발생한다.

이 경우 정확한 동질성을 기대하거나 요구하지 않는다. 유사 장비 및 플랫폼함이 기능적으로는 비슷하지 않더라도 환경조건의 평가목적에 유사성을 갖는다고 인정한다는 사

실은 대단한 중요성을 갖고 있다.

계측자료를 환경시험 설계기준에 활용할 계획으로, 그 적합성 여부를 판단하기 전에, 다음 근거자료를 반드시 고려하도록 한다.

- 계측대상 장비/플랫폼에 대한 해설
- 계측대상 장비/플랫폼의 계측 위치
- 계측 당시의 환경/운용 조건
- 자료 계측·기록·분석 장비의 형태 및 교정 상태.

추가로, 계측자료 기록은 계약업체에서 사용중인 문서형식을 이용할 수 있으며, 설계 기준자료와 계측자료의 상호비교가 용이한 형식을 취하는 것이 이상적이다.

환경조건의 적절한 평가 및 해설에는 방대한 자료가 요구되나, 자료량 또는 자료 충분성에 대한 요구조건은 계측환경조건 또는 계측기기 형식의 물리, 성능 등 프로그램의 특성 또는 필요성에 따라 달라지거나, 계측 범위·계측점의 특성 및 분량·시도횟수 등에 따라 달라진다.

계측여건의 제약으로 인하여 계측자료의 분량이나 계측위치가 제한되었을 경우에는 공학지식에 바탕을 둔 적절한 판단이 요구된다.

시험 조건

시험조건에 해당하는 시험 수준·범위·비율·시간 등은 가능하다면, 대상장비나 유사장비를 동원하여 계측된 자료를 이용하여 도출하는 것이 바람직하다.

그러나 실제 계측자료의 입수가 어려울 경우에는 이 글에 제시된 지침을 활용하여 실정에 알맞는 시험조건을 설계하도록 한다.

시험변수를 감시 제어하는 계측기나 시험

장비의 정확도는 국가 또는 산업표준을 따르는 것이 원칙이며, 국가 또는 산업표준에 준하여 정확도가 확인된 표준기기만을 이용하여 교정하도록 하나, 계측기나 시험장비의 정확도가 별도로 명기되어 있지 않을 경우에는 계측변수가 허용하는 공차의 3분의 1 이내로 제한하는 것이 바람직하다.

환경시험조건이 대상장비의 시방서에 명시되어 있지 않을 경우에는 아래에 제시된 조건에서 계측 및 시험을 실시하는 것이 바람직하다.

○ 표준 공기

- 온도 : $25^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$
- 상대습도 : 자유 실내공기조건
- 압력 : 현장압력

○ 실내공기 제어

- 온도 : $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- 상대습도 : $50\% \pm 5\%$
- 압력 : $94.75 \pm 8.3 \text{ kPa}$

○ 허용공차

- 온도 : $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$
- 대기압력 : $\pm 5\%$ (200 Pa)
- 상대습도 : $\pm 5\% \text{ RH}$
- 사인진폭 : $\pm 10\%$
- 진동수 : $\pm 2\%$, 또는 25Hz 이하시 1/2 Hz

- 가속도(g) : $\pm 10\%$

- 시간 : $\pm 1\%$
- 풍속 : $\pm 10\%$

○ 시험온도의 整定

별도의 지시가 없을 경우에는, 현재 작동 중인 시험품목의 온도정정에는 최장 Thermal Lag 변화율을 $2.0^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ 이내로 제한하고, 비작동 중인 시험품목의 온도정정에는 작동부품의 최장 Thermal Lag 변화율이 시험

온도의 허용공차 이내에 머무를 때로 제한하는 것이 원칙이다.

그러나 엔진점화용 축전지의 전해액과 같은 긴요부품의 온도정정에는 최장 Thermal Lag의 변화율을 1.0°C/hour 이내로 제한하도록 하고 있다. 그리고 구조재 등 부동물은 일반적으로 온도정정의 대상이 되지 않는다.

시험품목의 온도정정에 소비되는 시간을 절약할 목적으로 흔히 이용되는 확장온도에 의한 온도정정방법은, 시험실에 적용된 확장온도가 열 또는 고온으로 주요부품에 손상을 입히지 않거나 시험품목의 온도가 허용범위 이내에 유지될 수 있는 경우로 제한하고 있다.

시험 일반지침

• 시험 전에 기록할 사항

시험품목의 운전은 표준공기상태에서 실시하고, 시험 실시 전에 모든 시험조건을 기록하는 것이 원칙이다.

이 기록은 차후에 시험조건이 시험기준서류에 부합되고 있는가를 확인하고, 환경시험 실시 직전이나 직후 또는 실시 도중에 기록한 자료와 상호비교할 목적에 쓰이게 된다. 모든 환경시험의 내력과 증빙은 하자분석에 대비하여 문서로 남겨 두는 것이 바람직하다.

기능매개변수(Functional Parameter)로서 장비시방서나 시험기준서류에는 명시되지 않았으나 시험실시 도중이나 직후에 통제되어야 할 매개변수 및 고장판단기준 등은 시험실시 직전에 기록하도록 한다.

• 시험품목의 설치

시험품목의 설치는, 별도 지시가 없을 경우, 실지운용 방식을 모방할 수 있는 시험장

치에 설치하는 것이 원칙이다. 이 시험장치에는 시험에 필요한 모든 계측기기 및 접속등이 연결되어 있어야 한다. 이 밖에 다음 사항을 준수하는 것이 바람직하다.

－ 마개·덮개·검사표찰 등 시험에 직접 쓰이지는 않으나, 실지운용에 쓰이는 부품은 본래 위치에 설치

－ 전기접속 등 시험에 직접 쓰이지는 않으나, 실지운용에 쓰이는 전기접속은 반드시 보호단자가 부착된 모형케이블이 연결된 접속 사용 (기계접속 또한 이와 유사한 보호 조치를 필요로 함)

－ 온도통제를 필요로 하는 시험에 쓰이는 시험실은, 시험품목을 설치할 때나 해당 시험방법의 요구가 있을 경우에는 표준공기조건을 유지하는 것이 원칙

－ 시험품목의 설치 및 운전은 입수 가능한 기술교본이나 지시서에 의거하여, 시험도중에 취급 또는 설치부주의로 인한 기능부전이나 손상 등의 발생을 미연에 방지 (설치완료된 시험품목에 대한 운용조건은, 해당 시험품목의 작동이 시험실시 중에 요구될 경우에만 적용됨)

－ 시험품목의 설치는 통풍이 잘 되도록 벽천정바닥 등으로 부터 또는 서로 최소 15 cm 간격을 두고 설치

－ 여러 구성단위로 조합된 시험품목의 시험실시는, 시험기준문서에 정의된 각 구성단위의 기능유지에 문제가 없다면, 각 구성단위 별로 실시 가능.

• 시험품목의 성능확인

시험을 실시하는 동안 시험품목의 운전이 요구될 경우가 있다. 시험품목을 운전할 경우, 종종 시험품목의 성능에 변동이 발생한다

다. 이럴 경우에 대비하여 시험품목의 성능 변동자료를 사전시험자료와 비교할 수 있도록 적절한 대책을 마련하도록 한다.

• 시험 중단

시험실시 도중에 시험이 중단되었으나, 별도의 지시 사항이 없을 경우에는 다음 절차를 밟을 것을 권고하며, 이에 벗어나는 절차를 밟았을 경우에는 시험보고서에 이를 설명하도록 한다.

(1) 복사열·강우·모래 및 먼지·기폭성 대기환경·진동

·충격·사격시험 등을 실시하는 도중에 시험중단이 발생하였을 경우에는 P.27 그림을 참고하여 우선 과시험상태 또는 부족시험상태에서 시험중단되었는가, 아니면 시험이 중단되었을 때까지 정확한 시험상태가 유지되었는가를 결정하도록 한다.

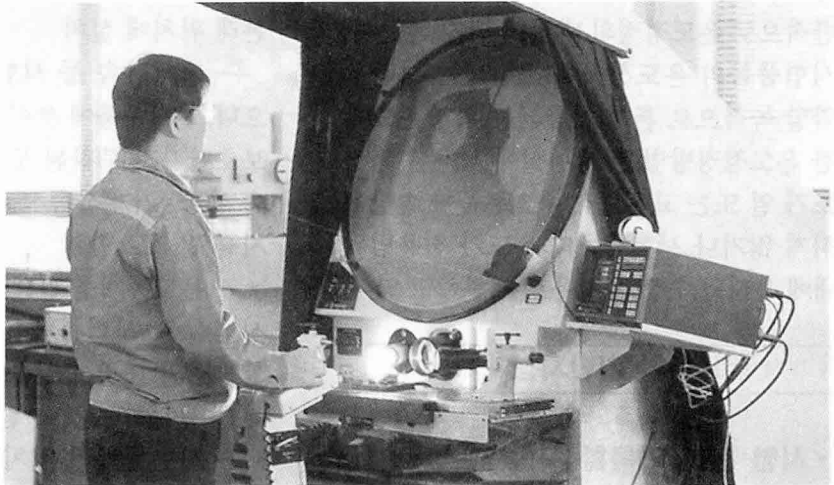
시험실시 도중에 허용공차로 부터의 일탈로 인한 부족시험상태가 발생하였다면, 규정된 시험주기를 마칠 때까지 먼저 규정된 시험조건을 재확보한 후, 공차일탈 직전의 시점으로 부터 시험을 재개하도록 한다.

그러나 시험실시 도중 과시험상태가 발생하였다면 일단 시험을 중지하고, 시험품목을 새것으로 교체한 후, 처음부터 다시 시험을 실시하는 것이 원칙이다.

그렇지만, 과시험으로 인해 시험품목이 손상을 입었으나, 다른 시험품목의 특성에는

전혀 영향을 주지 않았고 또한 손상된 시험품목의 수리가 가능하다면, 부족시험에서의 경우처럼 시험을 재개할 수 있다.

(2) 저압·고온·저온·복사열·균류·염화나트륨분무·침수·가속도·복합환경시험 등



을 실시할 경우에는 사전에 공차일탈로 인한 시험중단이 발생하였을 경우에 대비한 대책을 마련하는 것이 바람직하다.

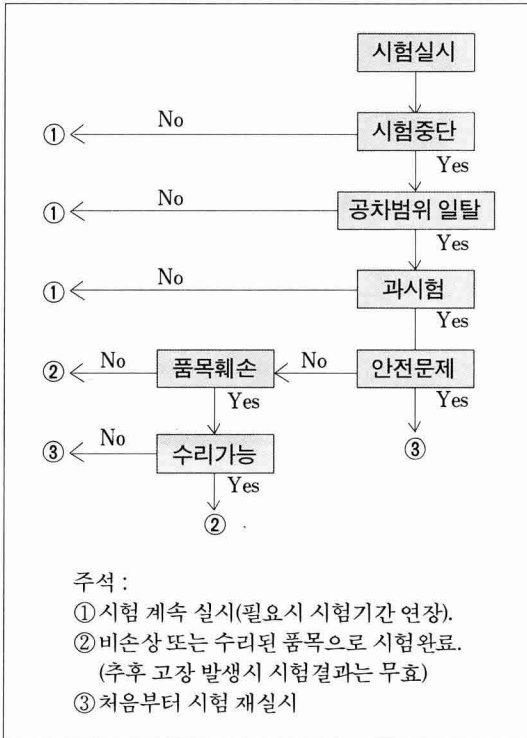
어떤 상태에서 시험중단이 발생하였을 경우에도 신중한 분석이 요구된다. 시험품목의 재사용과 관련하여 다음 3가지 중에서 1가지를 선택할 수 있다.

- 중단된 시점에서 시험 재개
- 중단 직전에 성공적으로 끝냈던 시험주기에서 시험 재개
- 모든 시험주기를 재시작

시험 도중에 시험품목이 손상될 염려가 있으므로, 시험의 중단이나 재개로 인한 모든 가능성을 고려한 신중한 분석이 요구된다.

허용공차 범위 내에서 시험이 중단되었을 경우에는 시험이 중단되기 전의 시험시간을 총시험시간에 포함시킨다. 따라서 시험이 중

시험재개 논리도



단되기 전까지 정확한 시험수준이 유지되고 있었다면 시험시간의 참작은 필요없다.

• 복합 환경시험

복합환경시험은 개개의 시험을 순차적으로 실시하는 것에 비하여 실지환경의 영향을 보다 현실감있게 재현한다. 따라서 복합환경 시험이 장려되고 있다.

• 시험완료 후에 기록할 사항

환경시험의 각 단계를 끝낸 직후, 시험품 목의 검사는 대상장비의 시방서에 준하여 검 사하도록 하고, 그 결과는 반드시 사전시험 자료와 비교,검토하도록 한다. 그리고 시험 을 끝낸 후에 기록해 두어야할 사항으로는 다음과 같은 것이다.

— 시험장비 및 부대물을 확인할 수 있는 검증자료

- 실제 시험에 적용된 순서 및 계획
- 시험설계 계획으로부터의 일탈사항
- 시험실시 도중에 정기적으로 기록된 실

내 시험공기조건

— 시험자료의 증명에 필요한 테스트 엔지 니어의 시험기록과 서명

— 각 시험방법이나 대상장비가 요구하는 기타 자료

• 고장판단기준

아래에 나열된 여러가지 조건 중에서 한가 지라도 해당되는 사항이 있을 경우에는, 시 험품목에 하자가 발생한 것으로 간주하는 것 이 원칙이다.

— 통제대상 기능매개변수 값이 기준문서 가 허용하는 범위를 일탈하는 시험품목 (주 의 : 추진제, 전동기구 등의 경우에는 저온 따 위의 극한 환경에서 성능이 저하되는 경우가 종종 발생한다. 성능저하의 정도가 심각할 경우에는 시험품목에 하자가 발생한 것으로 간주)

— 안전조건을 이행하지 못하거나 안전상 문제를 일으키는 시험품목

— 특정 시험요구조건을 이행하지 못하는 시험품목

— 계획된 수명주기나 정비성의 목표달성 에 방해되는 변화가 발생하는 시험품목 (예 : 부식으로 인하여 특정 공구로 제거하기 힘 든 오일배출 마개 등)

— 설정된 환경조건을 일탈하는 시험품목 이밖에 특별히 고려할 만한 고장판단기준 이 있을 경우에는 대상장비의 시방서에 추가 하도록 한다.

환경시험 보고

연구개발 대상품목에 대한 환경시험결과를 문서화시킨 것이 환경시험보고서이다. 환경시험보고서는 시험품목의 환경요구사항과 연관된 하자분석과 수정대책 그리고, 미처 예상하지 못했던 문제점 및 징후 등을 일목요연하게 보고하고, 본문과 별첨으로 나누어 기록되고 있다.

본문에는 다음 항목들이 기록되고 있다.

— 단위부품 및 조립구성품 등을 망라한 대상장비를 확인할 수 있는 사항

— 하자·작동이상 등 문제점이 발견된 부품의 기능에 대한 상세한 설명

— 예상되는 고장 및 하자 원인목록

— 여러가지 수정 및 대책 등의 건의사항

그리고 별첨에 포함되는 사항은 다음과 같다.

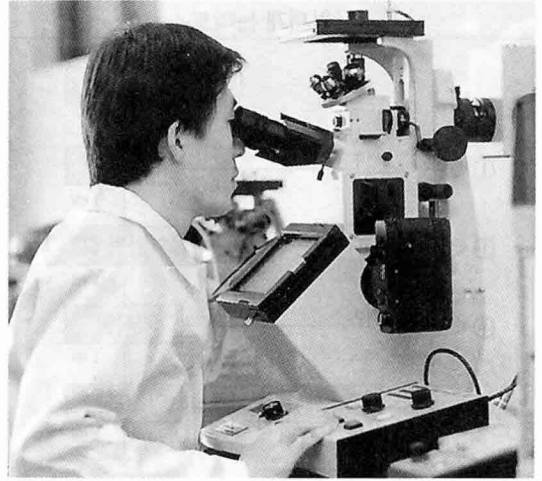
— 지난번 하자가 노출되었을 때부터 기록한 시험일지

— 물리적 현상을 파헤친 하자 및 고장분석 보고서

— 환경시험·신뢰성시험·선별시험·Bench Check·수취시험 등 다른 모든 연구개발 및 생산활동 중에 발생하였던 동일부품에 대한 고장발생목록

환경시험의 진척상황 및 결과는 매주 또는 매월 정기적으로 시험진척상황을 보고하는 정기보고, 시험실시 도중에 발생한 시험이상을 보고하는 임시보고, 그리고 시험완료 후에 모든 결과를 종합, 보고하는 최종보고로 나누어 보고하는 것이 바람직하다.

매주 또는 매월, 일반적으로 서면형식으로 보고하는 정기보고서에는 환경시험의 진척상황을 일목요연하게 보여 주면서 다음 주요



사항을 포함시키도록 한다.

— 특별한 주의를 요하는 시험변수 및 시험조건

— 하자 발생 여부

— 수정 및 대책 등의 건의사항

— 주요 시험결과

환경시험을 실시하는 도중에 하자가 발생하였을 경우에는 이 사실을 당국에 조속히 서면형식으로 통보하도록 한다. 이 통보서에는 다음 사항을 보고하도록 한다.

— 하자발생 장비의 고유일련번호

— 하자증상

— 하자증상을 둘러싼 시험조건

— 하자발생 당해 품목에 의하여 밝혀진 하자 식별방법

하자발생을 통보한 후에 하자원인을 분석한 결과와 이의 재발생을 방지할 수정 및 대책 등의 건의사항을 보고하되, 한두가지 수정 및 보완만으로 해결될 수 있는 문제점만 서면형식으로 보고하도록 한다.

그러나 시험장비결함 등의 외적요인에 의하여 발생한 고장이나, 당해 시험품목의 중대한 설계변경 또는 환경시험설계변경 등이

요구되는 복잡한 문제는 형식을 갖춘 보고서를 제출하는 것이 바람직하다.

최종보고서에는 각각의 환경조건을 대상으로 실시한 연구개발 및 환경시험 결과를 각 환경시험 종목별로 나누어 보고하되, 각 시험마다 다음 사항을 보고하도록 한다.

- 연구개발, 검증, 환경적응성 시험 따위의 시험목적
- 형상을 식별할 수 있는 사진그림 등을 포함한 시험품목에 대한 설명
- 시험방법 및 절차
- 시험에 적용된 시험변수·시험기간·시험조건 등에 대한 설명
- 시험품목의 작동상태 및 제어조건에 대한 설명을 포함하여, 시험설비 및 시험절차에 대한 설명
- 시험장치에 대한 시험품목의 상대위치를 보여주는 시험장치의 도식 및 사진
- 각 장비마다 제조업체·모델·교정상태·고유일련번호 등을 기록한, 시험에 사용된 모든 시험장비 목록
- 가속도계·음파탐지기·열전대 등 물리변환기(Transducer)의 위치를 사진·그림을 이용하여 설명
- 물리변환기의 평균값 산출방식 등을 강조한 계측시스템에 대한 설명
- 계측자료의 전환 방식 및 절차

맺는 말

이 글은 무기체계의 연구개발과정에 수반되는 환경시험의 편조에 요구되는 환경공학 적 업무시행지침과 자연환경 및 플랫폼휴유도환경의 영향을 연구하기에 적합한 환경시험을 편조하는 방법을 제시하였다.

이 글에 제시된 방법론은 미국방부가 연구개발과정의 초기단계에서부터 적용할 것을 원칙으로 삼고 있으나, 필요에 따라서는 개조 또는 개량과정의 여러 시점에서 선별적으로 적용하는 것을 인정하고 있는 US MIL-STD-810E에 기초를 두고 있다.

따라서 이 글에서 제시된 방법론이나 각종 환경시험방법에 대한 자세한 이해가 요구될 때에는 US MIL-STD-810E를 참고하기 바란다.

방산물자의 연구개발 노력의 결과가 다른 산업 및 기술 발전에 기여하는 바와 환경시험이 전체적인 연구개발 노력에서 차지하는 비중을 생각한다면 환경시험 기획 및 편조를 소홀히 할 수 없다.

따라서, 이 글에 소개된 환경시험방법이나 다른 여러가지 환경시험방법을 비교·검토하여 각 연구개발 대상장비의 목적 및 현실에 적합한 환경시험을 개발 및 편조하는 것이 바람직하다.

그리고 이 글에 제시된 환경시험 편조과정을 군용장비 뿐만 아니라 상용장비에 적절히 적용할 경우, 높은 신뢰성 및 경쟁력을 가지는 제품을 개발할 수 있을 것이다. **□**

참고 자료

- ▲ 미국방부, 「Test Method Standard for Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests」, MIL-STD-810E, 1989. 7. 14