제품안전설계를 위한 QDRD의 적용

정 원*, 김준홍**, 유왕진***
*대구대학교 산업시스템공학과, **수원대학교 산업정보공학과
***건국대학교 산업공학과

Applying QDRD for Safety Products Design

Won Jung*, Jun Hong Kim**, Wang Jin Yoo***
*Department of Industrial and Systems Engineering, Daegu University
**Department of Industrial Engineering, Suwon University
***Department of Industrial Engineering, Konkuk University

Key Words : Product Liability, Quality Deployment and Reliability Deployment

Abstract

The first product liability laws went into effect in Korea in July 2002. A person who suffers personal injury or damage to property due to defects in a product may sue both the manufacturer and the seller of the product under the principles of Korea tort law.

This paper presents an integrated methodology which is called the QDRD(Quality deployment and reliability deployment) for hazards analysis in new product designs. QDRD applies QFD, FMEA and FTA to identify the hazards component, hazardous situations and hazardous events which could lead to an accident. An example is provided to demonstrate hazards analysis on a product using the QDRD method.

1. 서 론

제조물책임(Product liability, PL)법은 소비자 또는 제3자가 제조물의 결함으로 인해 생명, 신체, 재산의 피해를 입었을 경우 제조업자 또는 판매업자가 책임을 지고 손해를 배상토록 하는 제도로 2002년 7월부터 시행되었다. 이 제도가 시행되기 전에는 제품으로 인해 피해를 입었을 경우 민법의 불법행위 책임원칙에 따라 제조자 등의 고의·과실이 입증될 경우에 한하여 손해배상책임을 지도록 되어 있었으나 시행 후에는 제조업자 등의 고의·과실에 관계없이 제조물의 결함으로 인해 피해를 입었음이 입증될 경우 제조자는 엄격하게 손해배상책임을 지게 되었다. 따라서, 앞으로 소비자의 피해배상청구가 손쉬워지고 제조물의 안전성과 기업의 경쟁력이 강화되는 등 긍정적인 면도 있으나 제조원가 상승, 손해배상에 따른 부도위기 등 기업의 경영활동이 위축되는 부정적인 요소

도 적지 않을 것으로 예상된다.

일반적으로 제조업체가 책임을 져야할 결함의 유형으로는 제조물책임법 제2조2항에서 규정하고 있는 설계상의 결함과 제조상의 결함, 그리고 경고표시상의 결함이다. 설계상의 결함은 안전한 대체설계의 책임을 소홀히 하거나 무시하여 발생한 결함이며, 제조상의 결함은 공정상의 문제 또는 규격보다 약한 부품을 사용하여 발생하는 제품의 결함을 말한다. 그리고, 경고표시상의 결함은 위험할 수 있다는 경고 표시가 없거나 또는 표시가 소홀하여 발생하는 결함을 의미한다. 이 밖에 제품에 대하여 통상적으로 기대할 수 있는 안전성이 결여되었을 때도 결함에 해당된다.

제조물책임예방대책은 크게 제품안전대책(Product Safety, PS)과 제조물책임방어대책(Product Liability Defense, PLD)을 들 수 있다. PS는 PL을 예방하기 위한 기업의 사전적 대응으로써 특히 제품기획, 설계, 개발, 제조 등의 각 단계에서의 안전 활동을 말하며, PLD는 배상책임의 경감을 위한 사전 사후대책으로 소송에 대응하기 위한 입증자료, 필요한 모든 기록의 보전, 보험 가입 등의 활동을 말한다. PL법 제정과 더불어 기업들이 PL에 대하여 새로운 관심을 가지고 관련 정보를 수집하는데 상당한 노력을 기울인 결과, PL에 대한 이해가 증진되는 등의 효과가 나타나고 있다. 그러나, 많은 기업들의 PL정보는 PL보험, PL사고 사례, 특히 미국의 거액배상에 관한 법률적 해석 등이 주를 이루고 정작 기업의 주된 관심사인 설계, 개발, 제조 등의 PS대책에 대한 기술정보나 자료의 수집이 용이하지 않다.

본 연구의 목적은 고객의 요구사항을 제품의 설계적인 특성으로 변환시키는 품질기능전개(QFD)[Akao, 1988, King, 1989] 기법을 이용하여 제품의 어떤 특징들이 사용상에 있어서 안전문제와 밀접히 관련되어 있는지를 발견하고, 이를 설계·개발·제조의 과정으로 전개해나가는 분석방법과 절차를 제시하는데 있다. 이 기법은 고객에 의해 유도된 제품개발이라고 할 수 있으며 고객의 안전요구사항으로부터 품질특성을 전개하고, 안전과 관련한 보안부품을 결정하며, 이를 안전성과 신뢰성 특성을 보증할 수 있는 특성 치로 전개를 계속해 나가는 품질전개 및 신뢰성전개(Quality deployment and reliability deployment, QDRD) 방법이다. QDRD는 중요 유지관리 특성과 신뢰성 및 안전성 보증항목을 선정하여 특별한 관리를 수행하는데도 효과적으로 활용될 수 있다.

2. 안전설계를 위한 해석기법

PL법의 시행으로 인하여 현재 많은 기업들이 경영활동의 각 기능별로 자사 제품의 안전을 위해 노력을 기울이고 있다. 그러나, 제품이 가지고 있는 위험 요소는 복합적으로 또는 시간차를 두고 나타나기 때문에 충분한 안전성 확보대책을 세우는 것이 결코 간단한 업무는 아니다. 제품안전을 위해 지금까지 주로 적용되었던 위험성분석기법으로는 신뢰성해석기법을 안전성의 예측, 평가에 활용한 고장모드영향분석(FMEA), 결함나무분석(FTA), 사상나무분석(Event Tree Analysis: ETA), 위험영향분석(Hazard Effect Analysis: HEA), S-H 검토법, 예비위험성분석(Preliminary Hazard Analysis: PHA), MOSAR(Method Organized for a Systemic Analysis of Risks)기법, 위험성 및 운용성

연구(Hazard and Operability Study: HAZOP) 등이 있다. 이 기법들을 활용한 위험성 분석은 보다 구체적이고 기술적인 방법으로 제품이나 시스템이 내포하고 있는 위험성 자체를 규명하고, 그 개선책을 도출하여 제품의 안전성을 높이는데 초점을 맞추고 있다.

FMEA[Stamatis, 1995]는 신뢰성공학과 연계하여 안전성설계 기준을 정하는데 널리 활용되고 있으며, FTA[이치우외, 1993]는 고장의 근본 원인을 추적하기 위하여 고장 자료가 나와 있는 수준에 이르기까지 시스템을 서브시스템, 부품으로 해부하여 사고(Mishap) 혹은 시스템 고장의 잠재 원인을 결정하고 고장 확률을 추정하는 방법이다. ETA[이치우외, 1993]는 의사결정수목의 원리를 이용, 재해사고의 발생과정을 재해요인으로부터 재해사고까지의 연쇄적 전개를 나뭇가지 형태로 표현하는 귀납적 제품 안전성 분석기법이며, HEA[일본과학기술연맹, 1995]는 FMEA의 심각도 항목을 중점적으로 분석하여 위험성을 평가하는 기법이다. S-H검토법[일본과학기술연맹, 1995]은 사용자의 예견 가능한 행동 또는 제품 공급자 측에서 실시한 하드웨어에 실장되는 안전장치나 기능의 고장으로 발생하는 위험성을 해석하는 기법이다. PHA는 위험성 평가의 방향을 최초로 제시한 문건인 미국의 군용규격 [DOD, 2000]을 근거로 한 기법이다. 이것은 원래 미군의 물자조달을 위한 군용 안전규격이었는데 그 사고 방법이나 기법이 일반 산업시스템에도 적용시킬 수 있을 뿐 아니라 제품안전이나 시스템 안전의 전체구조를 체계적으로 제공하고 있기 때문에 위험성분석의 기본으로 널리 활용되고 있다. MOSAR [Goodden, 2001]는 10단계로 완성되는 위험분석방법으로서 기계, 공정, 설치 등 분석 대상 시스템을 상호작용하는 몇 개의 서브시스템으로 구성하고, 위험성을 확인하는 한 개의 테이블을 사용하여 분석한다. HAZOP [Fullwood, 2000]는 제품의 이상요인과 운용상의 문제점들을 체계적으로 평가하는 기초 위험성 평가기법으로서 주로 화학공정에 유용하게 적용되었다.

그러나, 이러한 기법의 수행 만으로서는 고객의 안전에 대한 근본적인 개선을 추구하기는 쉽지 않다. 제품에 대한 안전 및 신뢰성 문제의 60~80% 이상이 설계단계에서 결정되며, 고객들의 기대를 충족시키기 위해 기업은 현재 보다 개선된 품질의 상품을 개발하여야 하는데 품질에 대한 요구는 더욱 다양화, 고급화되고 있으나 제품의 라이프사이클은 더욱 짧아지므로 인하여 결함상품에 대한 생산자의 위험 부담은 증대되고 있다[中村和雄, 2001, Thorpe, 1996]. 따라서, 고객요구사항을 정확히 파악하고 이를 특성 전개, 기능 전개로 진행시킬 수 있는 근본적인 안전설계 절차가 있다면 아주 유용한 도구가 될 것이다. 또한, 많은 부품으로 이루어진 복잡한 제품을 모두 관리하기는 어려우므로 안전에 중대한 영향을 미치는 보안부품의 선정과 설계단계의 기술전개, 신뢰성전개, 그리고 생산단계에서의 공정전개 등을 구체적으로 추진시킬 수 있는 절차와 도구의 개발이 필요하다.

3. 품질전개 및 신뢰성전개

QDRD(Quality Deployment and Reliability Deployment)는 QFD의 기본방법에 FTA, FMEA를 단계별로 연결하여 신뢰성, 안전성을 정확히 분석하고 이를 설계

에 반영할 수 있도록 하는 기법으로서 QFD의 개념과 전개방법을 기본으로 한다. QDRD를 구성하는 품질전개(Quality Deployment)와 신뢰성전개(Reliability Deployment)의 다른 점은 품질전개는 필요로 하는 품질의 긍정적인 측면의 전개이며, 신뢰성전개는 사고(Mishap)나 문제점과 같은 부정적인 측면의 예상을 위한 전개를 다룬다. 제품은 고객의 기대 수준에 맞도록 안전성, 내구성이 있고, 예상 가능한 오 사용에도 견딜 수 있어야 하므로 제품안전 설계에 있어서 신뢰성전개 개념은 매우 중요하다. QDRD의 전개 순서를 간략히 설명하면,

1단계: 재난을 일으킬 수 있는 잠재위험이나 사고의 주요 사상(Event)을 실질적으로 분석하는 FTA를 행한다. 기능적 결점을 발생시킬 결함을 정의한다. 재난으로 연결되는 고장의 가장 직접적이고 가능한 원인과 이러한 원인으로 인한 직간접적인 영향을 규명한다. 기능적 데이터에 의한 고장확률을 결정하고 시간의 경과에 따른 고장현상의 발생확률을 결정한다.

2단계: 부품전개 단계에 FMEA를 행한다. 이전 모델이나 유사제품에서 발생되었던 고장모드는 충분히 분석되어야 하고, 안전관련 법규와 PL 대응에 유의하여야 할 문제점을 검토한다. 모든 가능한 고장의 증상과 그들의 영향과 발생원인을 규명한다. 고장영향은 고장이 발생할 때 시스템의 상태변화와 사용자에게 어떤 위험 영향을 미치는가를 규명한다. 이 단계에서는 고장의 역사, 예상되는 고객의 오사용은 물론 비슷한 부품에 있어서의 현행 설계관행 등을 검토함으로써 잠재적인 설계문제를 규명하고 예방하는 단계이다.

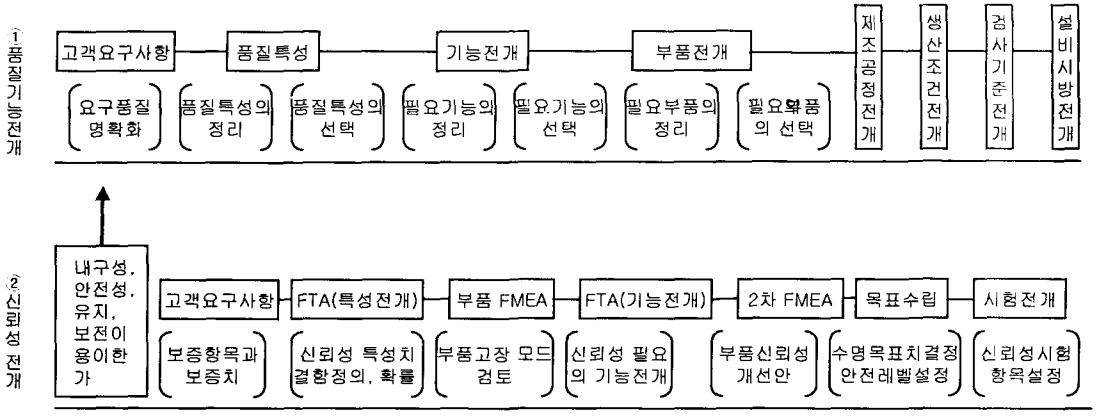
3단계: 요구품질, 기능전개 차트, 특성전개 차트와 연결되어 있는 FTA 분석을 행한다. 이 단계에서 고객요구, 기능 또는 특성이 사고(Mishap)와 밀접하게 관련되어 있는 것을 명확히 하여 제품의 신뢰성에 영향을 줄 수 있는 부정적인 요소들을 방지한다.

4단계: 신뢰성 확정 항목들과 신뢰성 목표를 수립한다. 일반적으로 수명목표치는 설계, 제작, 사용 같은 각종 조건에 따라 다르기 때문에 고장이 발생 할 조건과 잔존확률, 보전에 필요한 시간간격, 고장영향의 제거 또는 경감능력 등을 고려하여 사고율이나 MTTF, MTBF로 표시된다. 각 부품 별로 개별적인 설계 목표가 확정되는 것에 의해 제품에 대한 새로운 목표가 설정되고 다시 부품들의 기대되는 목표 값을 점검한다.

5단계: 부품고장모드를 발췌하고, 신뢰성시험 전개을 행한다. 이는 어떤 부품들이 어떤 고장들과 밀접히 관련되어 있는지를 발견하기 위해 사용된다. 부품들에 대한 2차 FMEA표를 작성하고, 중요 유지관리 특성과 신뢰성 보증 항목을 선정하여서 특별한 관리를 수행한다. 또한, 신뢰성전개에 의한 부품, 모듈, 시스템의 고장스트레스를 파악하고 시험항목을 결정한다.

<그림1>은 QDRD의 내용을 도표로 나타낸 것이다.

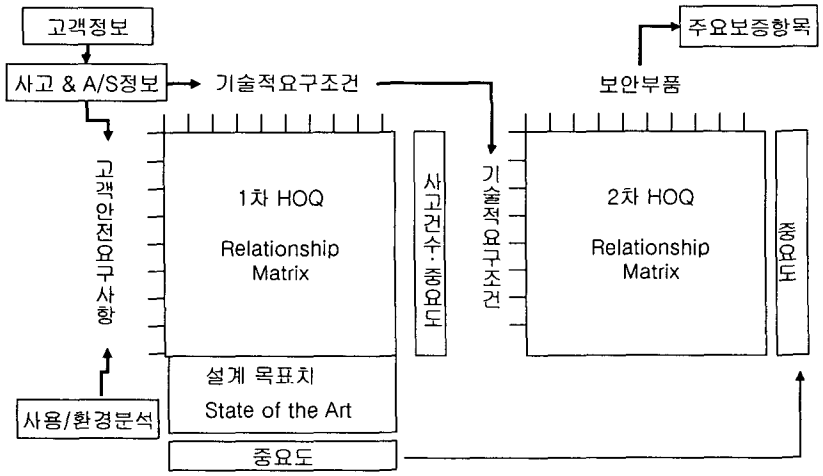
여기서 제시한 각 단계별 사용기법들은 제품에 따라 위험도의 크기나 고객안전요구사항이 다르기 때문에 상황에 따라 선택적으로 적용될 수 있다. 즉, 제품에 따라서 FTA를 생략하고 PHA와 FMEA만 잘 활용하여도 충분한 경우도 많다. 제품은 고객이 기대하는 통상적인 안전수준에 부합할 수 있도록 보증되어야 할 뿐 아니라 예상되는 오용에도 견딜 수 있어야 한다. 신제품의 설계프로세스에서 특히 중요한 단계는 제품의 시험단계



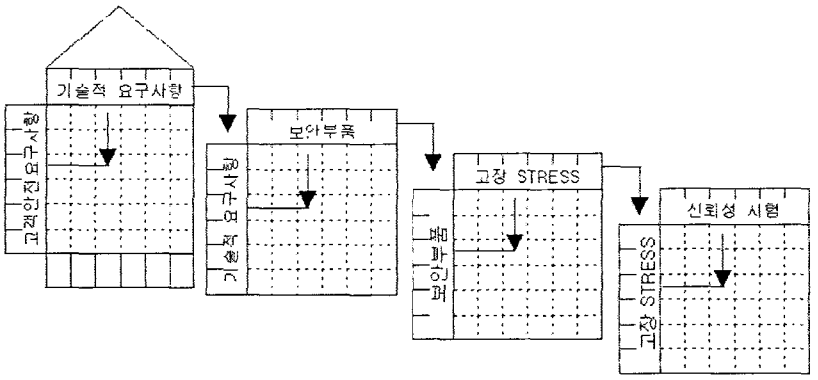
<그림 1> 품질기능전개와 신뢰성전개(QDRD)

라고 할 수 있으며, 이것은 또한 제조물책임 법정에서 핵심요소이다[Gooden, 2000]. 결국, 제조업자는 어느 날 법정에서 우리 제품은 안전과 신뢰성을 확실히 하는데 모든 실제적인 노력을 기울였다는 진술을 할 수 있어야 한다.

그러나, 하나의 제품이 많은 부품, 자재, 모듈, 서브시스템 등으로 구성되어 있기 때문에 전체부품을 모두 잘 관리한다는 것은 어려움으로 이 중 안전 및 신뢰성에 절대적인 영향을 미치는 보안부품을 선정하여 이를 중점적으로 관리하고, 보안부품과 관련한 제조공정을 보안공정으로 지정하여 자사 공장 및 협력회사에 대한 중점관리를 행하는 것이 효율적이다. 따라서, 국제 및 국가 표준과 규정을 참조하고, 사고 및 A/S정보, 고객안전요구사항을 기초로 하여 QFD의 절차로부터 안전에 절대적인 영향을 미치는 주요 보안부품을 결정하는 것이 제품안전을 위한 기본적인 사항이다. <그림2>는 QFD에 의해 보안

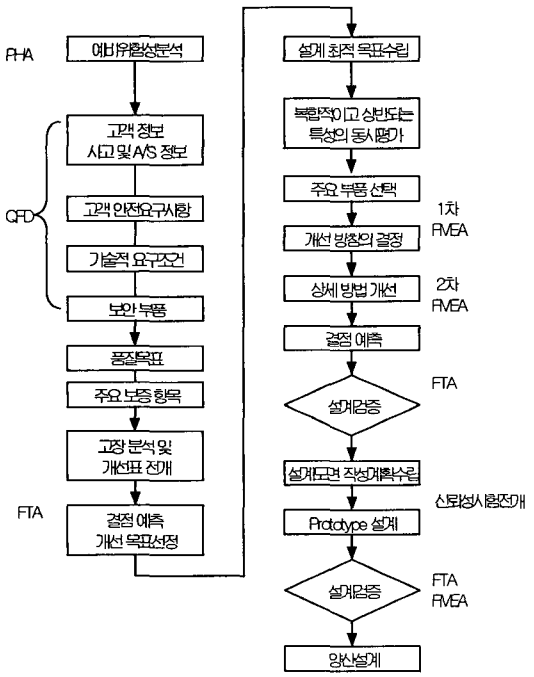


<그림 2> 품질기능전개에 의한 보안부품 선정



<그림 3> QDRD에 의한 시험방법의 개발

부품을 선정하는 과정을 보여주고 있으며, <그림3>은 이를 확대하여 신뢰성시험 방법으로 전개하는 과정을 보여준다. <그림4>는 설계과정에서의 신뢰성전개의 흐름을 표시하였다.



<그림 4> 설계과정에서의 신뢰성전개

4. 적용사례

본 연구에서는 과수원용 자주식 고성능 분무기인 스피드 스프레이(Speed sprayer)의 안전설계에 QDRD를 적용하였다. 스피드 스프레이[아세아농업기계주식회사, 2001]는 농약 살포시 희석배수를 적게 하여 진한 살포액을 미립자로 만들어 고속으로 회전하는 송풍기를 통하여 약액을 안개 화 시킨 후 강력한 바람으로 더욱 미세하게 살포하는 방식의 분무기이다. 스피드 스프레이의 후면은 <그림5>와 같다.

스피드 스프레이의 구조는 엔진, 송풍기, 탱크 및 이동에 필요한 변속기, 자동 기어 등으로 구성되어 있고, 디젤 또는 가솔린엔진이 1~2 개 부착되어 기체구동과 송풍기, 송액 펌프를 작동시키고, 송액 장치는 탱크와 펌프 및 급수펌프로 구성되어 있어 약액을 탱크로부터 노즐까지 보내게 되어 있다. 또한 노즐은 25개 내외로 단열 또는 복열로 배치되어 있으며, 전면살포, 양 방향살포, 한 방향 살포 및 3분할 부분 살포가 가능하다. 송풍장치에는 대형송풍기를 사용하여 고속다

량의 기류를 발생시키는 장치로 미립화한 약액을 멀리 운반하는 역할을 하고 분무압력은 15kg/㎠ 정도이다.

<그림 5> 스피드 스프레이어

스피드 스프레이의 예비 위험성분석은 <그림6>과 같다. 여기서 위험도 지수는 MIL-STD-882[DOD, 2000]에서 제안하는 가이드라인을 따라 작성되었다.

고객의 안전성 요구사항은 서비스데이터를 비롯한 품질정보나 시장조사연구에 의한 것이며 <표 1>와 같다. 고객요구사항에 대응하는 기술적 요구사항은 기능성 전개(Function Analysis: FA)를 통하여 파악 할 수 있는데 그 내용을 보면 "부품치부 불일치", "조립상태", "내구성" 등 15개 사항으로 분석되었으며, QDRD의 전개 순서에 의해 FTA, FMEA를 단계별로 연결하여 안전성을 분석 평가한 결과 17가지의 보안부품을 파악하였다. 이 중 설계 개선의 우선순위가 높은 것으로 "브레이크시스템", "레디에이터", "마

제품명	Speed sprayer	제품번호	SP23-02		분석일자	2002. 8. 20
참가자	설계 현진수, 시험 권오수, 품질 조해근, A/S 임익성, 생산기술 박민용					
위험성	발 생 원 인	영향 / 평가	위험도 지수		위 험 감 소 방 안	비 고
			발생빈도	심각도		
화재	1.연료누출	화상위험	가능성있음	파국적	재질 변경	
	2.전기스파크	〃	가끔	파국적	볼트 "토오크"관리	
	3.엔진 과열	〃	드묾	파국적	통풍구 설치 및 라디에이터 확대	
전복	1.편브레이크자동	중상/사망	가끔	파국적	드프록 장치 에어작업	
	2.급경사 주행	〃	드묾	위기적	경고문 부착	
	3.노면침하	〃	드묾	위기적	경고문 부착 및 사용설명서 보완	
	4.지상고가 높다	〃	가끔	위기적	재설계(무게중심 내리기 작업)	
	5.쇽 업져버 미부착	〃	가능성적음	위기적	재설계	
중독	1.바람의 역풍	상해/중독	가능성있음	위기적	캡형설치	
	2.약액탱크 밀폐불량	〃	〃	위기적	탱크내 칸막이, 이중패킹 설치	
작동 상해	1.조향장치 작동불량	추락상해	드묾	위기적	보조손잡이 및 안전띠 설치	
	2.리프트 및 덤프가 유압누유로 급하강		드묾	한계적	리프트 지지대 설치	

<그림 6> Speed sprayer의 예비 위험성분석(PHA)

스터실린더"의 순으로 나타났다. 이 보안부품들에 대한 설계변경은 비용과 개발기간 등을 다시 고려하여 시스템트레이드오프(System trade off)에 의해 의사결정을 내려 설계에 반영하였다. <그림7>은 스피드 스프레이의 2차 품질의 집(House of Quality, HOQ)의 예이며, <그림8>은 캬브레타의 고장모드영향분석의 일부를 나타낸 예이다. <그림9>는 설계개선 후 브레이크 시스템의 시험방법을 개발하기 위한 신뢰성전개 사례이다.

<표 1> 고객의 안전 요구사항

① 핸들 좌. 우 핸들 감김 수가 불일치 한다.
② 좌. 우 브레이크 페달 유격 불일치 (페달 높이 불일치)
③ 클러치 페달 유격이 불량하다 (클러치 끊김 불량)
④ 엔진과열이 발생한다
⑤ 켈리퍼 오일 누유가 발생한다
⑥ 연료탱크 크랙으로 누유가 발생한다
⑦ 강제변속으로 인하여 변속작동 상태가 불량하다
⑧ 유압펌프 및 유압실린더 오일씰부 누유가 발생한다
⑨ 가버너 작동상태가 불량하다
⑩ 조속페달 작동이 불량하다

기중치 선정표 강한 관련성:◎(9점) 중간 관련성:○(3점) 약한 관련성:▽(1점)	보안부품	조향샛트볼트	마스트실린더	푸쉬로더	클러치디스크	라디에이터	송풍커버	냉각팬	켈리퍼	오일씰	연료탱크	유압펌프	유압실린더	유압호스조합	캬브레티	스프링	조속와이어	브레이크시스템	중요도	
기술적 요구조건																				
부품취부 불일치		3																	33	4
조 립 상 태		1	3	3	1				1	3		1	1	3	9	1	3	1	80	3
에어작업 미실시			9						9										90	2
부 품 구 조		3			3	9								1	1			9	130	1
ㄷㅍㄷㅍㄷㅍㄷ																			5	9
ㅈㄱㅈㄱㅈㄱㅈ																			2	11
내 구 성											9								27	5
조 립 부 가 공									3	1	3		3						24	6
설 치 방 법						3	3	3			1			3	1		1		19	7
보 관 방 법																		3	3	10
ㅇㅈㅇㅈㅇㅈㅇ																			15	8
보안부품 중요도		569	1050	240	470	1227	57	57	962	264	334	80	152	427	869	80	358	1295		
		6	3	12	7	2	17	17	4	11	10	14	13	8	5	14	9	1		

<그림 7> Speed sprayer 2차 HOQ

FMEA

날 짜: 2002년8월24일

부품명: 캬브레타 제품명: 스피드 스프레이

ID	고장모드	원인	Occ	영향	Sev	검출	Det	RPN	치명도
5-1	카브레터 노즐 막힘	에어크리너 不교환	5	엔진과열, 정상적인 출력 불가능	6	날카로운 소음	5	150	30
5-2	록킹현상	복수엔진으로 과부하	6	엔진과열, 정상적인 출력 불가능	6	알수없음	3	108	36

<그림 8> 캬브레타 고장모드영향분석(일부)

가중치 선정표 강한 관련성 : ●(9점) 중간 관련성 : ○(3점) 약한 관련성 : ▽(1점) 고장 스트레스	시뮬성 시험	BRAKE 성능시험	BRAKE 내구시험	LINING 마모시험	SHOE 용접강도시험	LINING 전단강도	염수분무시험	SPRING하중시험	SPRING내구시험			
제동력 부족	186	9	1	1		1		3	3			
규정보다 답력 상승	81	1	1									
브레이크 끌림	282	3	1	1	1			3	3			
브레이크 묶임 현상	81	3	1		1		3	3	3			
편제동 발생	132	3	1	3		3		9	9			
라이닝 조기 마모	105	1	1	9		9		9	9			
노이즈 발생	99	1	1		1	1		1	1			
페달행정이 너무 짧거나 길다	111	1	1		1			1	1			
살짝 밟아도 브레이크가 잡힌다	91	1	1		1							
페달에 진동이 전달됨	49	1	3	1								
BRAKE 파손	633		9		9	9	3					
기 술 적 중 요 도		3695	7012	1858	6361	7323	2142	3990	3990	0	###	###

<그림 9> 브레이크시스템의 시험방법 개발(제4단계)

5. 결 론

제품의 안전성 및 신뢰성 수준은 대부분 그 설계에서 결정된다고 해도 과언이 아니다. 이는 제조물책임예방에 있어서 매우 중요한 의미를 가지게 된다. 즉, 설계 단계에서 제품의 안전 확보를 위한 검토를 충분하게 실시하면 필연적인 결과로서 결함이 없는, 보다 안전한 제품을 만들게 된다고 할 수 있다. 본 연구에서 제시한 QDRD는 기존의 기법들을 통합적으로 적용하여 제품설계 시 고객의 안전요구사항으로부터 품질 및 신뢰성 문제와 밀접히 관련되어 있는 특성을 분석하고, 이를 제품의 설계, 시험, 제조의 과정 속으로 전개해나갈 수 있는 절차와 기술에 관한 내용이다. 이 기법은 고객에 의해 유도된 개발·생산 프로세스의 전개라고 할 수 있으며 QFD, FTA, FMEA를 단계별로 적용하여 제품의 신뢰성을 보증할 수 있는 특성 치로 전개함으로서 보다 발전된 방법으로 제품안전을 도모하는 실무를 가능하게 한다. 스피드 스프레이에 대한 적용사례에서는 예비위험성분석과 품질특성, 고장모드, 보안부품, 그리고 신뢰성시험과의 관련성을 예시하였다.

참고문헌

[1] 아세아농업기계 주식회사(2001), Speed Sprayer 사용설명서

[2] 이치우, 김선진, 이성우, 정상영(1993), 신뢰성공학, 원창출판사

[3] 日本科學技術聯盟(1995), 製造物責任과 製 品安全, 日科技聯出版社

[4] 中村和雄(2001), 자동차·가전분야 PL 특별세미나, 한국표준협회

[5] Akao, Yoji(1988), Quality Function Deployment, Productivity Press

[6] Goodden, Randall(2001), Product liability prevention-the next dimension in quality, ASQ Quality Press.

[7] Fullwood, R. R.(2000), Probabilistic Safety Assessment in the Chemical and Nuclear Industries, Butterworth-Heinemann

[8] King, Bob(1989), Better Designs in Half the time, Implementing Quality Function Deployment in America, GOAL/QPC.

[9] DOD(2000), MIL-STD-882D, System Safety Program Requirements, DOD

[10] Stamatis, D. H.(1995), Failure Mode and Effect Analysis, ASQ Quality Press

[11] Thorpe, J. F.(1996), What Every Engineer Should Know About Product Liability, Marcel Dekker