

우리나라 신뢰성 활동 현황과 과제

Some Lessons on Reliability Practices in Korea

김 재주 (서울대학교 계산통계학과 교수)

Reliability management is seen as central pivot for quality assurance. This paper analyses the reliability practices in Korea and compares with Japan's. I would like to suggest the way to cope with the gray part of the reliability management in Korea through my experiences.

1. 머리말

최근 들어 신뢰성 기술은

- (1) 고장이 극소한 고신뢰성 제품의 수요 증가.
- (2) 고장에 따르는 손해의 증대로 안전성 보증, 제품책임 예방 필요.
- (3) 극단적 환경에 사용되는 제품의 증가.
- (4) 개발제조에 시간이 걸리고, 시험을 위한 대 설비를 요구하는 제품의 증가.

- (5) 기술개발 속도에 대응한 고 신뢰성 설계를 위한 기술 축적의 필요성.
- (6) 보전 수리의 설비, 인원의 능력, 훈련등이 제품의 진보에 따라가지 못함.
- (7) ISO 9000 시리즈의 신뢰성에 대한 요구 [Kalinovsky, 1990].

등을 감안할때 신뢰성에 대한 사고방식 및 기법은 품질 보증, 안전성 보증, 제품책임 예방(PLP) 등에 불가결한 도구가 되었다. 사실 신뢰성 이론이 태동하게 된 근본적인 동기는 2차대전이었고 우리나라의 6.25 사변은 신뢰성 이론 발전에 크게 기여했다[Suzuki K and Hamada T.A, 1992]. 우리의 가까운 이웃인 일본은 일본과학기술연맹에 신뢰성 연구회가 발족한 것은 1958 년으로 33년이 경과되었다. 그간 20여차례 일본과학기술연맹 주체로 신뢰성 및 보전성 심포지엄을 열어 신뢰성 기법 보급활동에 기여하고 또한 관련 학회, 협회, 기업의 공동 노력으로 그 성과는 날로 증가하고 있다고 보고되고 있다.

일본과학기술연맹의 신뢰성 교육 및 보급활동은 간단한 세미나, 심포지움에 그치지 않고 신뢰성에 관한 출판활동도 계속하여 1987년 까지 20종을 출판했으며, 1987년에는 신뢰성 활동의 뿌리를 넓히기 위하여 신뢰성 공학 시리즈 전 15권을 간행하게 되었다 [Suzuki K and Hamada T.A, 1992]

우리나라의 신뢰성 활동 현황을 알아보기 위하여 신뢰성 교육 현황, 신뢰성 기법 사용 실태조사, 우리나라 기업의 신뢰성 기법 활용의 문제점과 활성화 방안 등으로 나누어 생각해 보기로 한다.

2. 신뢰성 교육 현황

현재의 신뢰성 교육은 크게 3가지 방법으로 행하여지고 있다고 볼 수 있다.

첫번째는, 대학교에서 실시되는 교육으로 주로 통계학과와 산업공학과에서 이루어지고 있다.

두번째는, 각 기업에서 실시하는 사내 교육을 들 수 있다. 대기업에서는 연

구자나 기술자들을 상대로한 신뢰성 교육을 실시하는 기업이 최근에 늘어나고 있는 것은 고무적인 현상이나, 아직 일부 기업에만 치우쳐 있는 것이 현실이다.

세번째로, 전문적 품질관리 교육기관을 통한 신뢰성 교육으로 큰 기관으로는 한국공업표준협회를 들 수 있고, 그 외 한국능률협회, 한국생산성 본부등을 들 수 있으나 신뢰성 교육의 정도 및 양은 파악하기 힘들다. 참고로 Box, Kacker, Nair, Phadke, Shoemaker and Wu의 논문 Quality practices in Japan을 기초로 하여 일본의 중부품질관리협회(CJQCA)의 교육 커리큘럼과 비교하면 <표1>과 같다.

<표 1> 한국과 일본의 신뢰성 교육과정 비교

신뢰성 교육 과정	시간	한국	일본
경영을 위한 신뢰성 세미나	24	3	24
신뢰성 기초	24	24	24
신뢰성 이론	60		60
FMEA/FTA 방법과 사례	12.5		12.5
계	120.5	27	120.4

<표1>에서 알 수 있듯이 우리는 교육 커리큘럼이 정비되어 있지 않고 교육시간도 일본에 비하여 부족함을 알 수 있다. 교재면을 살펴보면 박경수 교수의 “신뢰도 공학 및 정비계획”을 비롯한 국방과학 연구소의 “시스템 신뢰도 공학” 한국공업표준협회에서 발간한 “신뢰성 입문”, “신뢰성 실천” 등 10여권이며, 대부분의 대학에서는 산업공학과나 통계학과의 대학원과정에서 양서를 교재로 사

용하고 있고, 최근에 와서 일부 대학의 학부과정에서 신뢰성 입문이 강의 되고 있음은 꽤 고무적인 현상이라 볼 수 있다.

3. 적용 현황

제품의 품질보증이라는 면으로 보면 품질관리와 신뢰성은 불가결한 관계로 품질보증에 있어서 신뢰성 관리는 중추적인 역할을 한다. 신뢰성 개선 사례들은 신뢰성 기법들이 품질기능 전개와 통계적 기법과 관련지어 유용하게 쓰임을 알 수 있다. 통계적 기법과 신뢰성 해석에로의 응용면을 살펴보면 <표2>와 같다.

<표 2> 통계적 기법과 그의 신뢰성 해석에의 응용

통계적 기법	신뢰성 해석에 응용
1. 히스토그램, 파레토도 등 QC 7가지 도구	고장 현상, 고장원인 분석, 고장의 중요도, 대책 지침의 검토
2. 상관계수, 산관도	열화 예측 가능한 파라메타의 발견, 수명과 스트레스 간의 관계, 수명시험 데이터와 필드 데이터의 관련성, 수명 가속율의 추정
3. 회귀분석	특성치와 그의 열화량, 수명과 스트레스와의 관계, 특성치의 열화 패턴, 신뢰도 예측
4. 분포형과 파라메타의 검추정, 확률지	신뢰도 예측, 고장 메카니즘의 추정 및 검정과 개선 대책, 수명의 가속성의 검토, 보전대책, 수명시험과 샘플링검사 방침의 결정, 안전계수, 고장을 평균 수명의 추정
5. 분산분석 및 실험계획법	수명, 고장모드등에 대한 요인효과의 해석, 신뢰도 시험 (강제열화시험, 환경시험)
6. 확률과정	특성치의 경시변화, 신뢰도 예측, 리던던시 설계, 보전방식의 설계(사후보전, 예방보전, 점검주기, 예비품수, 수리요원 등)
7. 베이지안 신뢰성해석	고장의 진단, 신뢰도 예측, 신뢰도 시험, 샘플링검사, 신뢰도 보증
8. O.R (선형계획법, 동적계획법)	최적 리던던시 방식의 결정, 신뢰성의 트레이드 옴, 최적 보전 방식의 결정, 신뢰도 배분

우리나라 기업의 통계적 기법 사용실태를 객관저공로 판단하기 위하여 1990년 도 여름에 전국 KS 및 등급업체를 대상으로 실시한 "품질관리 실태조사"의 결과를 인용하기로 한다. 4,500여개의 기업을 대상으로 했으나, 설문조사에 응한 업체는 2,586개의 업체였으므로, 우리나라 주요 기업들은 모두 망라되었다고 볼수 있을 것이다.

<표3>에 보면 QC 기법에 따라 사용하고 있는 기업의 수가 나타나고 있다. 이 표에서 QC 7가지 도구는 그래프, 산점도, 파레토도, 히스토그램, 체크쉬트, 층별, 특성요인도를 의미하고, 신 QC 7가지 도구는 매트릭스도법, 연관도법, 계통도법, 친화도법, 매트릭스 데이터 해석법, 애로 다이어그램법을 의미한다.

<표 3> QC 기법에 따른 사용 기업의 현황 (괄호속은 비율)

QC 기법의 범주	사용하는 기업수	사용하지 않는 기업수	합계(응답하지 않은기업제외)
QC 7가지 도구	2,251 (90.1%)	247(9.9%)	2,498
신 QC 7가지 도구	1,339 (55.3%)	1,081(44.7%)	2,420
검정과 추정방법	963 (39.4%)	1,483(60.6%)	2,446
상관, 회귀분석	718 (29.6%)	1,708(70.4%)	2,426
실험계획법	693 (28.5%)	1,740(71.5%)	2,433
신뢰성, 다변량해석	353 (14.7%)	2,050(85.3%)	2,403

<표3>에서 보면 QC 기법의 난이도와 관련하여 고급기법일수록 사용비율이 감소하고 있음을 나타낸다. 사용한다고 하여도 어느 정도 사용하고 있는가가 문제라 사용정도에 대하여 설문조사가 되어 있으나 지면관계상 생략하기로 한다.

다음은 품질관리 핵심 부분인 공정관리에서 과학적 관리기법 사용건수를 묻는 설문에서 <표4>와 같은 결론이 나왔다.

<표 4> 공정관리를 위한 과학적 관리기법의 사용건수

과학적 관리기법의 범주	기업당 평균 사용건수	건수의 표준편차
통계적 품질관리 (실험계획법과 신뢰성제외)	9.66	48.09
실험 계획법	9.06	27.40
신뢰성	0.48	6.45
가치공학	1.96	28.61
산업공학	1.79	16.58

<표3> 과 <표4>를 보면 신뢰성 기법의 활용은 매우 미흡한 상태이며 표준편차가 워낙 커서 일부 기업에 치중되어 있고 대부분의 기업에서는 사용하지 않고 있음을 나타내고 있다.

다음은 품질관리 대상, KS 우수업체상을 기업체의 개선 사례집[1-14]을 기초로 하여 신뢰성 기법 활용 상황을 연도별로 분석해 보면 다음과 같다.

〈표 5〉 신뢰성 기법을 사용하여 신제품 개발 및 품질 개선 상황

년 도	1983	1985	1986	1987	1988	1990
신뢰성 기법 사용건수	0	2	1	15	13	7
비 율	0	2.4(%)	3.1(%)	17.8(%)	31.7(%)	15(%)
총 건 수	24	82	32	84	41	28

Makabe and Miyakawa와 Suzuki, K and Hamada, T.A에 의하면 일본의 품질관리 대회(봄, 가을 2회)때 신뢰성 기법을 사용하여 품질개선한 통계를 보면 〈표6〉과 같다.

〈표 6〉 일본 품질관리대회에 나타난 신뢰성기법을 사용하여 품질개선한 통계

년 도	1970	1975-6	1980	1985	1990
건 수	0	12.5	32	67	53
비 율	0	17.7(%)	23.2(%)	31.9(%)	27.6(%)

일본 “신뢰성과 보전성 심포지움”에 나타난 보고서의 수는 <표7>과 같다.

<표 7> 신뢰성 및 보전성 심포지움에 나타난 보고서 수

년 도	1971	1972	1973	1974	1975	1980	1985	1992
건 수	17	42	43	58	61	100	80	82

다음은 한국품질관리학회지 및 산업공학회지에 실린 신뢰성에 관한 논문 편수를 1979년부터 1991년 6월까지 조사한 결과로서 <표8>과 같다. [한국품질관리학, 1979-1991][한국산업공학회, 1970-1991]

<표 8> 품질관리 산업공학회지에 실린 신뢰성 논문 수

학 회 지	한국품질관리학회지	한국산업공학회지
건 수	22	18
비 율	11.1(%)	9.8(%)
총 수	198	183

<표 5,6,7,8>을 보면 우리나라의 신뢰성 기법활용이 일본에 비하여 엄청나게 적음을 알 수 있다.

4. 문제점과 활성화 방안

지금까지 신뢰성 활동 현황과 사용실태에 대하여 분석해 보았다. 신뢰성 활동의 문제점과 그 해결 방법에 대하여 생각해 보기로 한다.

4.1 기법 활용의 문제점

신뢰성기법 활용은 문제해결의 수단이므로 충분히 이해하고 적재적소에 바르게 사용할 필요가 있다.

참고문헌을 보면 다음과 같은 문제점이 제기된다.

1) 자료의 질

어느 경우도 마찬가지이지만 자료 전체가 목적에 합치되고 신뢰성이 높을 필요가 있다. 자료의 이력이 명확하고 거짓이 아닌 객관성이 있는 자료를 얻기 위하여 샘플링방법, 측정방법을 명확히하고, 샘플링 오차, 측정오차등을 명확히 해야 하는데 그렇지 못한 경우가 많다. 질 좋은 데이터를 얻기 위하여 랜덤 샘플링, 계통 샘플링, 층별 샘플링, 집락 샘플링등의 기법을 다양하게 사용해야 하고, 시험기기, 계측기등의 정도 관리를 위해 신뢰성 관리를 해야 하는데 대부분의 기업이 그렇게 하지 못하고 있다. 교육과 사후관리 미흡으로 인정 된다.

2) 활용의 미비

신제품 개발 단계에서 소비자 요구품질, 시장동향, 각사 벤치마킹(Benchmarking) 등을 통한 정보분석을 하고 개발 기획을 하여 품질기능 전개 품질표를 작

성하여 구상설계를 하여, 구상설계심사(DR-1)를 행하고 기본 설계 단계로 넘어가 기술해석, 성능계산, 강도계산, 수명예측, 고장형태 영향분석(FMEA), 고장나무해석(FTA) 등을 통한 기본설계 심사(DR-2)를 한 후, 상세 설계로 넘어가 상세 설계심사(DR-3)를 거친 후 시작품을 조립하고 시작품 시험을 통한 시작품 종합평가(DR-4)를 거쳐 양산 여부를 결정해야 하는데 대부분의 기업에서 설계심사 제도의 정착과 FMEA, FTA 기법을 활용하지 못하고 있다. 제품책임(PL)의 관점에서 보면 모든 고장원인의 70~80%가 설계에 있다고 보고되고 있다는 것을 다시 한번 생각해 보아야 할 것이다. 일본에서는 제조공정에도 응용하며 『공정 FMEA』를 활용하고 있는데 우리는 극히 드물다. 설비관리면에서도 대부분의 기업에서는 사후보전이 주가 되고 예방보전을 위하여 설비고장율, 최적 보전주기 설정, 예비품 최적 교체주기 설정, 설비가동을 향상을 위한 FMEA, FTA 기법의 활용을 해야 하는데 신뢰성 기법의 활용이 미진한 상태이다. A/S 부문에서도 신속·정확성을 기하기 위하여 신뢰성 기법을 중형으로 사용해야 하는데 그렇지 못한 실정이다. 소프트웨어 신뢰성 분야는 학회 논문은 몇 편 나오고 있지만 실지 현장에서는 적용사례를 거의 찾아 볼 수 없다. 신뢰성 샘플링검사에 대해서는 거의 이해를 못하고 있는 실정이다. 무엇보다도 중요한 것은, 선진국은 신뢰성에 관한 국가규격이 완비되어 있는데 우리는 신뢰성에 관한 국가규격이 완비되어 있지 못하고 디자이너들은 통계학 분야에 대해서는 생소할뿐만 아니라 신뢰도를 높이기 위한 디자인을 못해 고장율의 증가로 단수명에 의한 보상비용이 엄청나다. 신뢰성에 관한 국가규격을 설정하고 각 기업에 보급함으로써 저코스트로 고신뢰성의 제품을 만들어 국제사회에서 우리제품의 신뢰성을 높여야 할 것이다.

3) 형식적 적용과 획일적 적용

과학적 관리기법은 문제를 해결하는 수단이지 사용하는 것이 목적은 아니다. 적용하는 장소와 방법이 틀리면 오히려 적용하지 않는 것만 못하다.

간단한 몇 가지만 지적하면 다음과 같다. 아이템의 수명분포가 지수분포를 따르는 것도 있고, 정규분포, 와이블분포, 감마분포, 극치분포, 대수정규분포

등 다양한데 지수분포로만 생각하여 확률적으로 사용하는 경향이 있다.

확률지 사용에서도 정규확률지, 와이불확률지, 대수정규확률지, 누적해져드지 등 다양한데 와이불확률지만 사용하는 경향이 있다. 사용 후 확인 과정이 필요한데 거의 안 하고 있다.

4) 전산화

우리 기업의 신뢰성 기법 활용에 대한 전산화와 그 활용 사례는 거의 찾아 볼 수 없다.

4.2 활성화 방안

1) 신뢰성 교육의 보편화

대학교에서 신뢰성에 대한 교육이 이루어지고 있으나 통계학과, 산업공학과 학생들에게 중점적으로 이루어지고 있고, 그 외 공과대학 특히 전자, 전기, 제어계측, 컴퓨터 학과등에는 전공선택 과목으로 신뢰성 개론 과목을 지정하여야 한다. 신뢰성 교재는 전문서라기보다는 초보자로부터 스태프, 기술자, 부과장 등이 읽어서 알 수 있도록, 될 수 있는 한 쉽고 친절한 교재 발간과 방송통신교재 발간도 생각해 봄직하고, 한국공업표준협회의 신뢰성교육 커리큘럼도 다양화하여야 한다. 또한 각 기업에서는 21세기에 살아남기 위해서는 제품의 신뢰성 보증이라는 경영 전략아래 기술자들을 필수조건으로 QC 기법 및 신뢰성 기법으로 무장시키기 위하여 과감한 교육 투자가 필요하다. 특히, 디자이너들에게는 샘플링, 신뢰도분석, 실험계획법 및 분산분석, 와이불 분석등의 교육 훈련이 보편화되어야한다.

2) 신뢰성 활동 저변 확산을 위한 산학협동체제의 필요성

우리 나라는 현재 50여개의 대학에 통계학과와 산업공학과가 있으며, 이들 학

과에 고급 두뇌를 가진 막대한 인력이 있다. 그리고 우리 기업에서는 QC 기법 및 신뢰성 기법을 활용하여 고품질, 고신뢰성의 제품을 저코스트로 생산할 여지가 충분히 있다.

따라서 대학과 기업을 연결시켜 산학협동 체제를 이룰 수 있다면 대학의 연구 인력을 값싸고 능률적으로 기업에 활용할 수 있을 것이다. 현재 우리 기업에는 산학협동을 하고자 하는 의욕이 높아지고 있으며, 이에 대비하여 대학의 교수들도 기업을 도와 줄 수 있는 준비를 하여야 할 것이다.

3) 신뢰성 활성화를 위한 학회 활동의 강화

현재 우리나라는 신뢰성 분야를 다룰 수 있는 학회로 통계학회, 품질관리학회, 산업공학회 등이 있다. 그러나 아직까지 학회가 주로 학자들의 모임에 국한되어 왔으며, 기업의 참여와 요구에 대하여 이런 저런 이유로 외면하여 왔다. 이것은 매우 바람직하지 못하며 미국, 일본, 독일 등이 학회의 구성원이 기업, 정부, 연구소 등의 회원이 과반수를 점유하는 것과는 심한 대조를 이루고 있다. 학회 활동은 대학 교수들의 모임이라는 것을 과감히 벗어나 여러 분야의 인원이 참여할 수 있도록 하여야 하며, 또한 학회 활동은 기업을 도와주고, 연구소의 연구를 도와주는 방향을 모색해야 한다.

4) 고급 기법 사용 방안 강구

<표3>을 보면 우리 나라 기업에 어느 정도 활용되고 있는 통계적 방법은 QC 7가지 도구 정도라고 볼 수 있다. QC 7가지 도구는 기본적인 통계적 방법으로 이것으로는 불충분하며 우리 나라 품질관리 수준을 한 단계 높이기 위해서는 QC의 고급 기법과 신뢰성 기법의 활용이 필요하다. 이와 같은 통계적 방법의 사용을 장려하기 위해서는 기술자, 관리자, 연구원을 축으로 하는 연구회(품질개선팀)의 구성을 장려하고 산학협동이 된 워크 샵, 품질개선 사례 발표회를 정기적으로 개최하고 각 기업의 체질에 맞는 교재 발간, 사내 강사 양성등에 경영자가 특히 유의해야 할 것이다.

5) 전산화

오늘날 자료는 대개 방대한 양이고 또한 자료분석의 신속 정확성을 요구하고 있으므로 신뢰성 기법을 포함한 모든 통계적 방법의 전산화는 필수적이라 판단된다.

그러나 아직 대부분의 기업에 통계 패키지가 설치되어 있지 않으며, 설치되어 있어도 그 내용을 모르는 경우가 많아 그 활용도가 매우 낮다. 그 주된 이유는 경영주들의 인식부족, 교육부족, 홍보부족 외에 기업 전반에 걸친 고급기법 및 신뢰성 기법의 정착화 미흡을 들 수 있다.

전산화는 빠르면 빠를수록 좋으므로 관련된 모든 사람들의 분발을 촉구하고 싶다. 예를 들면 미국은 FTA 에 컴퓨터를 응용한 정량적 해석외에 고장나무 작성을 위한 프로그램 개발이 시도되고 있고, 일본에서도 FMEA 및 FTA 에 대한 프로그램 개발의 연구가 진행되고 있다[日科技連, 1987].

5. 맺는말

위의 분석은 우리 나라의 신뢰성 활동 중 군수품을 제외한 상용제품의 생산기업을 중심으로 교육현황, 신뢰성 활동현황에 대하여 일본과 비교 분석하고 향후 대책을 설명한 것이다. 이러한 분석은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 기업의 연구소는 물론 일반 생산 기술자들에게도 신뢰성 기법교육은 물론 통계교육훈련이 보편화되어야 한다.

2) 학계에서는 통계학과·산업공학과는 물론 전자, 전기, 기계, 계측제어, 컴퓨터공학과에 전공선택과목으로 신뢰성개론 과목을 지정하여야 한다.

3) 한국공업표준협회를 위시한 교육단체들도 신뢰성관리의 필요성을 홍보하고 교육 커리큘럼도 다양화해야한다.

4) 선진국은 신뢰성에 관한 국가규격이 완비되어 있는데, 우리는 그렇지 못하므로 하루 빨리 정부·기업·학계의 공동연구로 신뢰성에 관한 국가규격을 완비하

고 해당 기업에 홍보함으로써 국제사회에서 우리제품의 신뢰성을 높이는 데 기여해야한다.

5) 학회 활동은 대학 교수들만의 모임이라는 것을 과감히 벗어나 여러분야 즉 정부, 기업, 연구소 인원이 많이 많이 참여할 수 있도록 하여야하며 학회활동은 기업을 도와주고 연구소의 연구를 도와주는 방향을 모색해야한다.

6) 현재 사용가능한 패키지는 미국을 중심으로한 외국에서 개발된 것이므로 한글로 된, 우리기업에 사용적절한 국산 패키지 개발이 시급하다.

7) 국가 차원에서 고급 신뢰성 시험기기를 구입하여, 각 기업들이 활용할 수 있는 신뢰성 센터를 만들어야한다.

앞에 쓴 내용들은 저자 자신이 품질관리를 위한 신뢰성관리활동에 주로 접해왔기 때문에 그 내용이 제한적이고 충분하지 못한 점에 대하여 독자 여러분들의 양해를 구하고 싶다.

부존자원이 부족한 우리나라는 수출에 중점을 두어 공업발전에 역점을 두어야 하는 현 시점에서 신뢰성관리활동의 강화는 우리 제품의 신뢰성을 높이는 데 크게 기여하리라 믿으며 신뢰성활동은 관, 기업인, 기술자, 학회등의 공동노력과 최고 경영자의 결심, 관계기관의 협조만 있으면 우리들의 미래는 밝다고 본다.

參 考 文 獻

1. 國內 文獻

- 금성계전, “과학적 관리기법 적용 사례”, 1988
 기아기공, “개선 사례집”, 1987
 대우전자, “개선 사례”, 1986
 대우정밀, “과학적 관리기법 개선 사례집”, 1987
 대우중공업, “과학적 관리기법 적용 사례”, 1983
 동양맥주, “품질개선 사례”, 1986
 두산기계, “개선 사례집”, 1990
 두산유리, “개선 사례집”, 1987
 럭키, “개선 사례집”, 1985
 로케트 보일러, “개선 사례집”, 1990
 로케트 전기, “개선 사례집”, 1988
 삼성전관, “개선 사례집”, 1985
 아시아 자동차, “개선 사례집”, 1990
 한국공업표준협회, “연구팀 우수 사례집”, 1991
 한국산업공학회, “산업공학 학회지”, 1970-1991
 한국품질관리학회, “품질관리 학회지”, 1979-1991
 현대 증전기, “과학적 관리기법 적용 사례”, 1985

2. 外國 文獻

- Box, Kacker, Nair, Phadke, Shoemaker and Wu, “Quality practices in Japan”, Quality progress, March, 1988, pp37-41

Kalinosky, "The total Quality system going beyond ISO 9000",
Quality progress, June, 1990, pp50-54.

Makabe and Miyakawa, "A positive study on Reliability management
and its characteristic aspect in Quality Control activities in Japan",
ICQC proceedings, 1987, pp391-396

Suzuki, K and Hamada, T.A, "Comparative study of Quality Assurance
system and Reliability Technology between Japan and U.S.A.",
Proc. of the Asia Quality Control Symposium, Seoul, 1992.

日科技連, "日科技連 信頼性工学 シリーズ 1-15", 1987

高木昇, "信頼性管理ガイドブック", 1975