

## R&D 부문에서의 6 시그마 경영에 관한 고찰

박 성 현

### 〈目 次〉

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| I. DFSS의 정의           | V. DFSS 단계별 추진전략     |
| II. DFSS 프로세스의 단계     | VI. DFSS 전문가 양성 프로그램 |
| III. COPQ와 DFSS       | VII. DFSS의 실무적용 방법   |
| IV. 수정된 DFSS 프로세스의 단계 |                      |

### I. DFSS의 정의

6 시그마가 초기에 시작될 때에는 제조부문의 품질혁신에 초점이 맞추어져 있었으나, 차츰 사무간접부문, 연구개발부문으로 확산되었고, 지금은 경영혁신전략으로 기업의 모든 부문이 혁신의 대상이 되고 있다. 6 시그마의 목표를 달성하기 위해서는 생산부문이나 영업부문보다도 연구개발(R&D)부문이 더 중요하다고 생각한다. 고객만족을 위한 제품의 품질은 생산공정보다는 제품설계나 공정설계와 같은 연구개발단계에서 더 크게 좌우되고 있다. 설계품질 없이는 6 $\sigma$  달성은 불가능하며, 설계단계에서 품질/가격/납기의 70-80%가 좌우되는 것으로 알려져 있다.

DFSS(Design for Six Sigma: 6 $\sigma$ 를 위한 설계)는 연구개발단계에서 고객요구를 반영하여 제품의 품질·신뢰성·가공성 등의 측면에서 과학적 방법을 통하여 짧은 기간 내에 6 $\sigma$  제품을 생산하기 위한 제반 프로세스를 의미한다.

DFSS를 R&D의 6 시그마라고 흔히 부르기도 한다. DFSS에서는 고객의 요구품질을 품질기능전개(QFD: Quality Function Deployment)와 같은 방법에 의하여 반영하는데, 일반적으로 고객의 요구품질은 조사하여 기술품질특성으로 변환하고, 부품 및 공정의 주요품질 특성을 선정하여 이를 특별히 관리함으로써 설계개발단계에서 6 $\sigma$  품질수준을 사전에 확보하고자 하는 것이다.

\* 서울대학교 통계학과 교수

## II. DFSS 프로세스의 단계

### (1) 일반적인 경우

일반적인 DFSS 프로세스의 단계로는 GE(General Electric)에서 고안하여 사용하고 있는 IDOV (Identify(확인), Design(설계), Optimize(최적화), Validate(검증)의 약자) 단계가 세계적으로 잘 알려져 있다. GE의 DFSS 프로세스를 주요활동과 사용되는 기법을 망라하여 간단히 조감하여 보면 <그림 1>과 같다. 이 그림에서 사용되는 몇 가지 용어에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다. 상세한 설명은 3절 이후에 설명하기로 한다.

VOC: 고객의 소리(Voice of Customer)를 의미하는 것으로, 고객의 요구사항을 정리한 것을 말한다.

CTQ: 품질에 결정적으로 영향을 주는 요소(critical to quality)를 의미한다.

QFD: 품질기능전개(quality function deployment)를 말하는 것으로, 고객의 요구를 대용특성으로 전환하여 완성품의 설계품질을 정하고, 이를 개개의 부품 품질과 공정의 요소에 이르기까지 이들의 관련성을 계통적으로 전개하여 나가는 것.

BSC: 통합적 경영성과표(Balanced Scorecard)를 의미하는 것으로, 각 프로세스에서 목표 대비 어느 정도의 성과가 달성되었는가를 평가하는 다차원적으로 통합된 성과측정기록표이다.

FMEA: 고장모드 및 영향분석(failure mode and effects analysis)을 의미하는 것으로, 시스템이나 기계의 잠재 고장형태들과 이들의 영향을 조사하여 고장이 나지 않도록 예방조치를 취하는 방법으로, 설계단계의 FMEA를 DFMEA(design FMEA)이라고 부르고, 공정기술개발 단계에서 사용되는 것을 PFMEA(process FMEA)이라고 부른다.

TRIZ: 구소련에서 개발된 아이디어 발상법으로, 창조성이 뛰어난 특허들로부터 문제해결의 규칙성과 원리를 발견할 수 있도록 절차화한 이론으로 러시아어의 Teoriya Resheniya Izobretatelskih Zadach(Theory of Inventive Problem Solving을 뜻함)의 약자이다.

GD&T: 기하학적 치수 및 공차 기입(Geometric Dimensioning and Tolerancing)을 의미하는 것으로, 부품의 기능과 부품간의 관계를 고려하여 부품 형상에 대한 기하학적 공차 치수를 기입하는 방법을 뜻한다.

Gage R&R: 계측기의 반복성과 재현성(gage repeatability and reproducibility)을 의미하는 것으로, 측정시스템이 갖추어야 할 필수 요소.

DFX: DFA, DFM, DFE, DFS를 합쳐서 DFX라고 부르며, 이들은 각가 다음을 의미한다.

DFA: Design for Assembly로 조립을 쉽게 해주는 설계로 조립성 평가가 기준이 된다.

DFM: Design for Manufacturability로 제작/가공을 쉽게 해주는 설계이다.

DFE: Design for Environment로 환경친화적 설계를 의미한다.

DFS: Design for Service로 서비스 해주기 쉽게 하는 설계이다.

RSS: 제곱합근법(root sum of squares)을 의미하는 것으로, 시스템을 구성하는 몇 개의 부품과 치수의 능력에 근거하여 시스템 능력을 결정하는 통계적 방법.

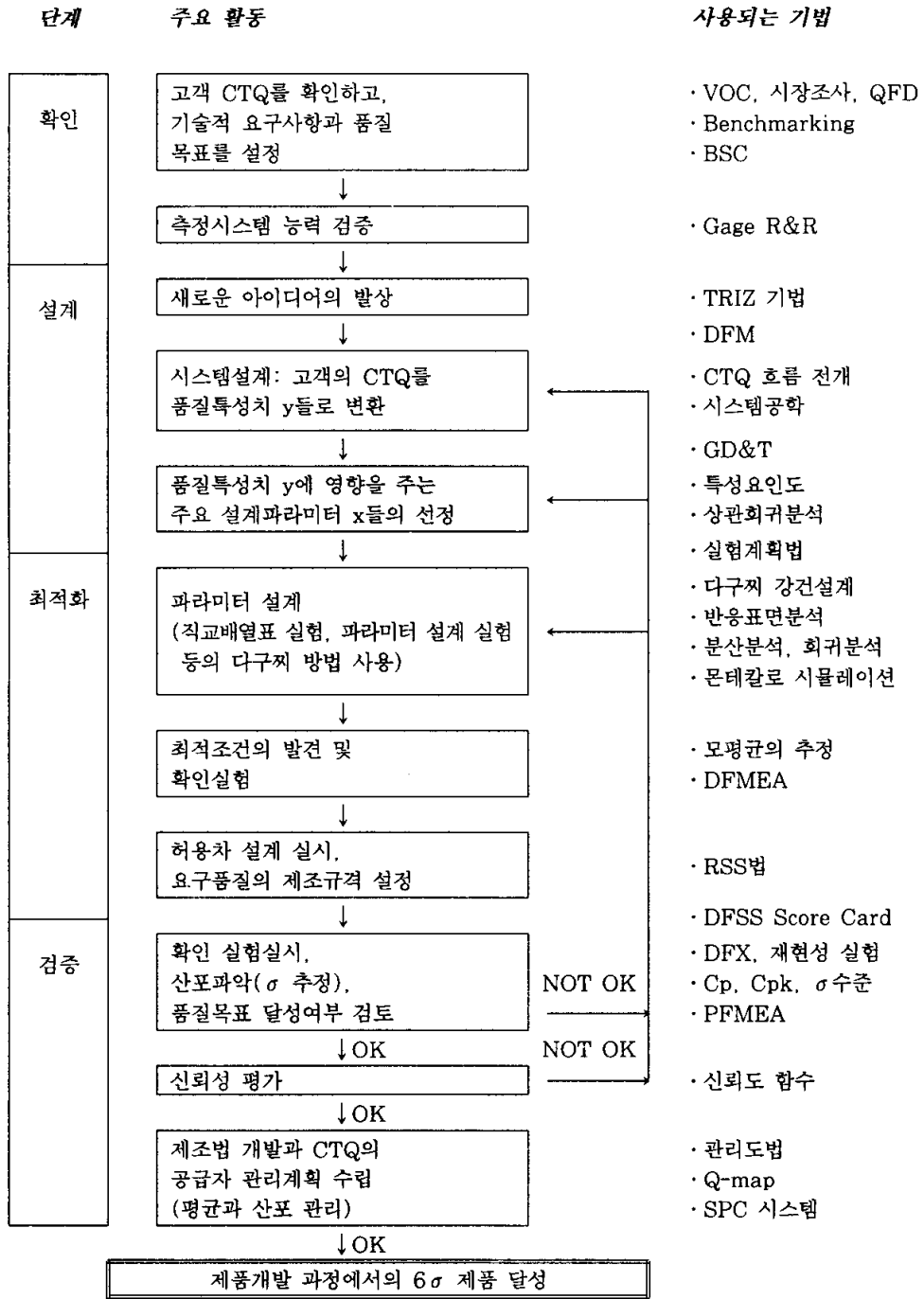
DFSS Score Card: DFSS를 수행하는 프로세스에서 목표 대비 어느 정도의 성과를 얻었는가를 비교하고자 할 때에 점수로서 비교하는 방법.

SPC: 통계적 공정관리(statistical process control)로 제품품질을 안정적으로 생산하기 위하여 취하는 제반 통계적 방법에 의한 관리활동.

Q-map: 품질지도(quality map)를 의미하는 것으로, 제조단계별로 중요품질과 이에 영향을 주는 공정조건 등과의 관계를 흐름도로 나타낸 것.

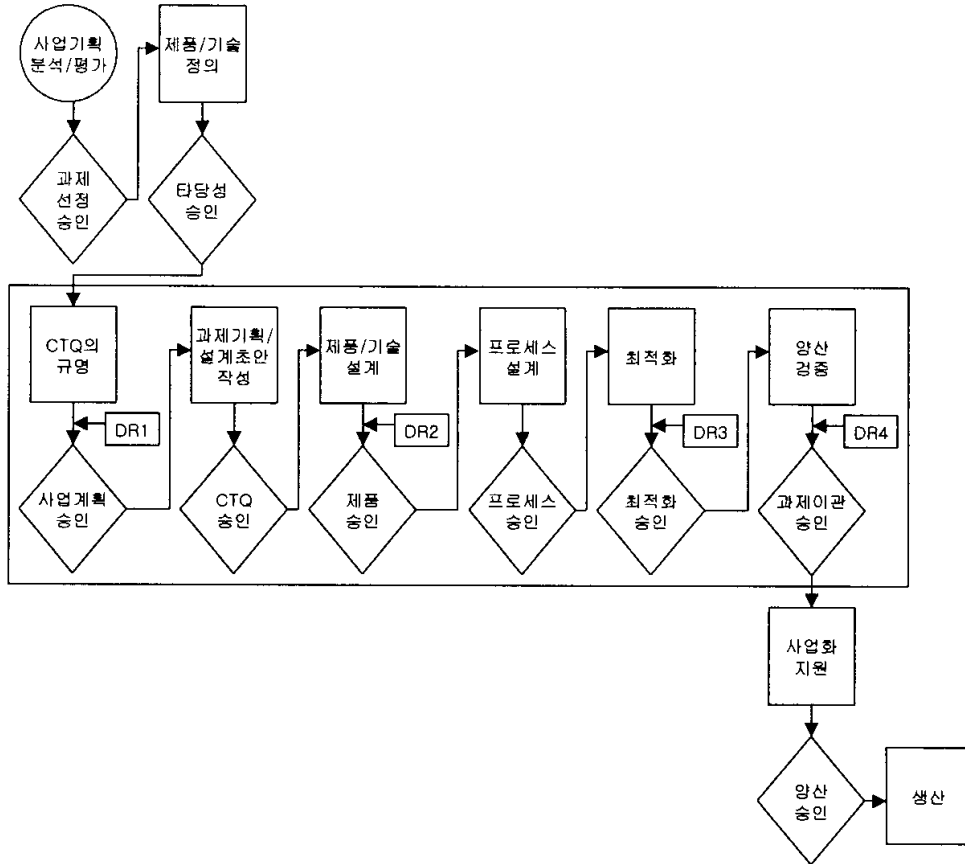
기존에 우리 나라의 기업에서 사용하여 오던 연구개발 프로세스에, 위에서 설명된 IDOV 단계의 개념을 접목시킨 프로세스들이 최근 우리 나라의 연구소 등에서 사용되고 있다. 그 대표적인 DFSS 프로세스를 보이면 <그림 2>와 <그림 3>과 같다. <그림 2>는 삼성SDI, 삼성종합기술원 등에서 사용하고 있는 프로세스이고, <그림 3>은 LG전자에서 사용하고 있는 프로세스이다.

〈그림 1〉 DFSS 프로세스 조감도



(2) 삼성의 프로세스

〈그림 2〉 삼성그룹에서 사용하는 대표적인 DFSS 프로세스의 단계



〈그림 2〉에서 DR은 설계심사(design review)를 의미하는 것으로, 제품기획 단계에서 양산검증 단계까지 전 개발과정에 걸쳐 제품의 6σ 품질을 확보하기 위하여 행하는 활동으로서 차기단계로의 진행을 결정하는 판단기준 및 데이터를 제공하는 프로세스이다. DR의 목적은 두 가지이다. 첫째로, 제품개발단계에서 발생하는 기획품질/설계품질/공정품질의 확보를 통해 후 공정의 시행착오를 최소화하기 위함이고, 두 번째로, 제품 신뢰성 확보를 위한 사전 문제점 발굴 및 대책을 신속·명확히 진행하기 위함이다. DR1, 2, 3, 4는 다음을 의미한다.

DR명	시행시점	주요 검토내용	주요 사용 기법
DR1: 개념설계검증 (상품기획검증)	개념설계 직후	개념설계 결과 평가	BSC, VOC, QFD, 표준
DR2: 상세설계검증	상세설계 직후	상세설계 결과에 대한 평가	GD&T, 다구찌 방법, TRIZ, 제도법
DR3: 기술검증	설계시작품 시험·평가 직후	설계시작품 검토·수정 보완	DOE, R&R, DFMEA, 다구찌 방법
DR4: 양산검증	양산시작품 시험·평가 직후	양산시작품 검토·수정 보완	시뮬레이션, PFMEA, DFX, 표준

DR의 각 단계에서 DFSS Score가 계산되며, 보통 100점 만점에 80점 이상 되어야 합격이다. 각 단계의 DR에서 위의 주요 검토내용을 문제점 중심으로 Check할 때 사용되는 문제점들은 다음과 같은 것들이다.

- 기능, 성능, 외관, 형태, 조립성, 강도
- 품질, 신뢰성, 호환성
- Cost, 가격, 유지비
- 특허, 법규, 규격
- 표준화, 공용화
- 생산성, 제조용이성, 부품조달 용이성
- 작업부하, 일정, 기타 Resource 문제

DR의 실시단계는

DR 계획입안 → 발표준비 → 각 관련부문 공문발송 → 관련부문 사전검토 → DR 개최 이 순으로 실시되게 되며, DR의 참석자는 프로젝트(또는 CFT) 리더, 프로젝트 멤버, 각 관련 부문장(관련부문 의사결정 수립 가능한 자), 각 관련 실무자, Champion(또는 프로젝트 Manager) 등으로 구성되며, Champion은 필요시에만 참석한다.

### (3) LG의 프로세스

LG전자의 DFSS(LG전자는 DFSS를 'R&D 6 시그마' 라고 부름)의 프로세스를 보면 <그림 3>과 같다. 이 그림에서 사용되는 몇 가지 용어를 정의하면 다음과 같다.

E/S: Engineering Sample

DR 0: Design Review 의 초기단계로 제품의 개념 검토와 개발결정 심사를 뜻함.

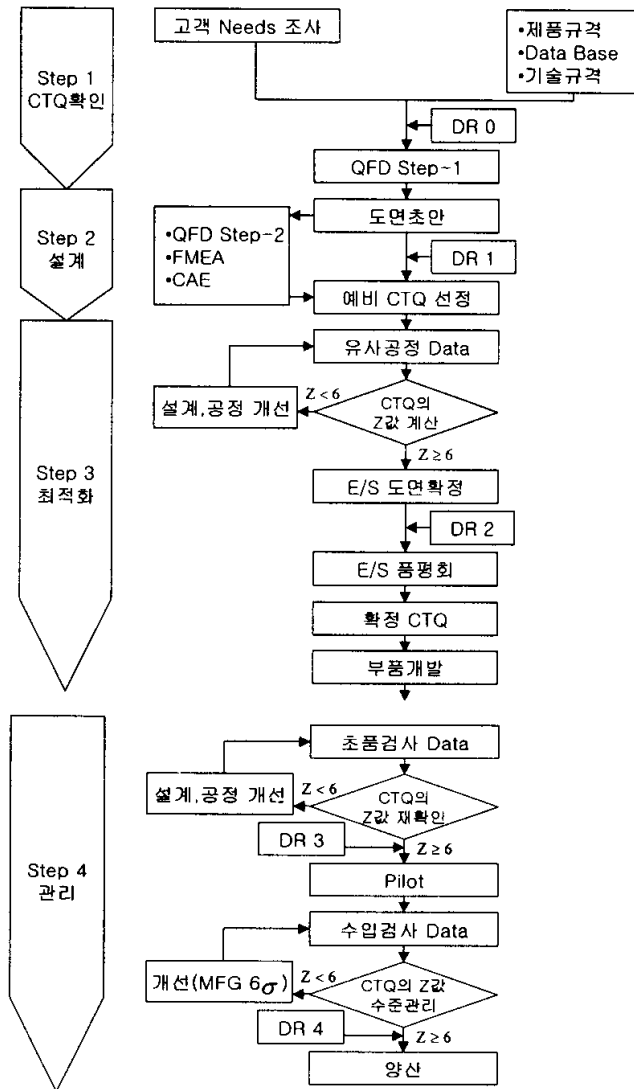
DR 1: 상세설계 기준의 심사

DR 2: CTQ의 최적화 검토 및 도면 심사

DR 3: 공정기술 심사

DR 4: 양산조건 검증

〈그림 3〉 LG의 DFSS 프로세스



### III. COPQ와 DFSS

6 시그마를 실행하면서 얻을 수 있는 가장 큰 매력은 품질이 나쁨으로 인하여 발생하는 손실비용(COPQ: Cost of Poor Quality)을 획기적으로 감소시킬 수 있다는 것이다. COPQ는 측정 가능한 품질비용과 측정이 어려운 품질비용으로 <그림 4>와 같이 구분된다.

<그림 4> 빙산의 모양으로 설명된 COPQ의 구분



측정 가능한 품질비용은 일반적으로 예방비용(Prevention cost), 평가비용(Appraisal cost), 실패비용(Failure cost)으로 구분된다. 예방비용은 품질교육·훈련 비용, 품질 시스템 개발 및 관리 비용, 외주업체 지도 비용 등으로 불량품질을 예방하기 위한 활동에 사용되는 비용이다. 평가비용은 각종의 검사비용, 시험기기 운영비용, 각종의 품질상태 평가비용으로 품질평가활동에 들어가는 비용이다. 실패비용을 세분하면 내부 실패비용(Internal failure cost)과 외부 실패비용(External failure cost)으로 구분되는데, 내부 실패비용은 내부에서의 반품 및 폐품 처리비용, 재작업 비용 등이고, 외부 실패비용은 불량품 교환 비용, 애프터 서비스 비용, 각종의 현지 서비스 비용 등이다. 즉,

$$\text{측정 가능한 품질비용} = \text{예방비용} + \text{평가비용} + \text{실패비용}$$



인데, 우리나라의 경우 실패비용이 차지하는 비율이 90% 수준으로 대부분이다. 예방활동과 평가활동을 강화하면 실패비용이 감소하는 경우가 대부분이다.

측정이 어려운 품질비용은 품질이 나쁨으로 인하여 발생하는 측정하기 어려운 비용으로, 설계 변경, 긴 사이클 타임, 잦은 기술변경 요구, 잦은 설비 셋업, 과도한 재고, 영업기회 손실, 고객신뢰의 상실, 종업원들의 사기 저하, 협력업체와의 마찰, 과학적 관리기법(SCM, CRM, SPC 등) 적용의 어려움 등을 들 수 있다. COPQ는 측정 가능한 부분보다는 측정하기 어려운 부분이 더 큰 비중을 차지하고 있다고 알려져 있다. 측정 가능한 품질비용의 최저선은 TQC의 창시자인 파이젠바움에 의하면 매출액의 5-6% 수준이라고 알려져 있다. 그러나 우리나라의 경우 이 품질비용이 매출액의 20-30% 수준 정도라고 조사되고 있다. 세계적인 선진기업들의 품질비용은 매출액의 대략 10-20% 수준에 머무르는 것으로 알려져 있다. 측정이 어려운 품질비용은 기회손실(lost opportunities) 이라고도 부르며, 측정 가능한 손실비용보다 더 크다고 보고 있다.

다음의 <표 1>에서 보면 국가별 품질비용이 비교되어 있다. 미국과 일본은 크로스비 박사가 조사한 우수 기업 500개에 대한 자료이고, 한국의 품질비용은 품질비용을 상세히 관리하는 회사가 적어서 잘 알 수는 없으나 대략적인 추계이다.

<표 1> 국가별 품질 비용 비교

내용	한국	미국	일본
예방 및 평가 비용	2.5%	5.0%	4.5%
내부/외부 실패비용	27.5%	15.0%	7.5%
품질비용 합계	30.0%	20.0%	12.0%

품질비용은 대폭적으로 줄이는 최선의 방법은 예방 및 평가비용을 5-7%대로 높이고, 실패비용은 5-7%대로 낮추는 방법이다. 이는 예방활동을 대대적으로 전개하고, 평가를 좀더 체계적으로 시행하는 방안이 마련되고 실행되어야 하며, 불량품이나 결함품이 외부로 나가지 않으면 실패비용을 혁신적으로 줄일 수 있다.

6 시그마를 수행할 때에 회사에 주는 가장 큰 매력은 COPQ를 획기적으로 줄이는 것이다. 이는 프로젝트 선정 시에 품질비용을 줄이는 프로젝트를 집중적으로 선택하고, 블랙벨트(BB)를 리더로 하고 여러 명의 그린벨트(GB)를 멤버로 하여 프로젝트 활동을 수행하는 것이다. 프로젝트 테마에 따라서 멤버로 R&D 인원, 구매담당 인원, 생산기술 인원, 영업사원

등을 포함시킬 수 있으며, 일정기간(보통 4-5개월)을 자유스러운 분위기에서 일할 수 있도록 공간과 경비를 허용하여야 한다. 6 시그마에서 모범적인 삼성SDI에 의하면 6 시그마를 시작하던 1997년도에는 품질비용이 매출액 대비 21.0%이었으나, 그동안 수십 건의 프로젝트 활동의 결과 1999년에는 11.3%로 감소하였다고 보고하고 있다. 이 결과는 품질비용의 감소가 매출액 대비 9.7%로서 매출액이 약 5조원이었으므로, COPQ의 감소가 5,000억원에 이르는 결과이다.

위의 품질비용 감소는 측정 가능한 품질비용만을 고려한 것이다. 측정이 어려운 품질비용은 그 규모가 방대하여 이 비용을 줄이지 않으면 기업의 경쟁력을 상실하게 된다. 기업 운영 시스템을 잘 정비하여 낭비요소를 제거하고 처음부터 올바르게 일하는(doing what is right the first time) 환경을 만드는 것이 측정이 어려운 품질비용을 감소시키는 길이다. 결국 기업이 적자를 내느냐 흑자를 내느냐 하는 문제는 품질비용을 어떻게 관리하느냐에 달려 있다고 보아도 과언이 아니다.

제품이 만들어지는 과정에서 설계단계, 검사단계, 고객 사용 단계로 나누어 품질비용의 증가추세를 보면 "1:10:100의 법칙"이 존재한다. 즉, 설계단계에서 결함이 발견되어 수정하는데 드는 비용이 1이라면, 출하 검사단계에서 결함이 발견되어 재작업을 거치게 되면 10배의 비용이 들고, 고객이 사용하는 단계에서 결함이 발견되면 100배가 든다는 것이다. 따라서 설계개발 단계인 예방단계에서 결함제품이 생산되지 않도록 하는 것이 기업손실을 최소화할 수 있고, 다음으로 검사·평가 단계에서 결함제품을 줄이는 것이 기업손실을 적게 하지만, 고객 사용단계에서 결함이 발견되면 큰 비용이 든다는 말이다. 따라서 BB들의 프로젝트 활동도 설계, 개발, 생산기술 단계에서부터 제품결함의 근원을 없애는 데 착안하는 것이 바람직하다.

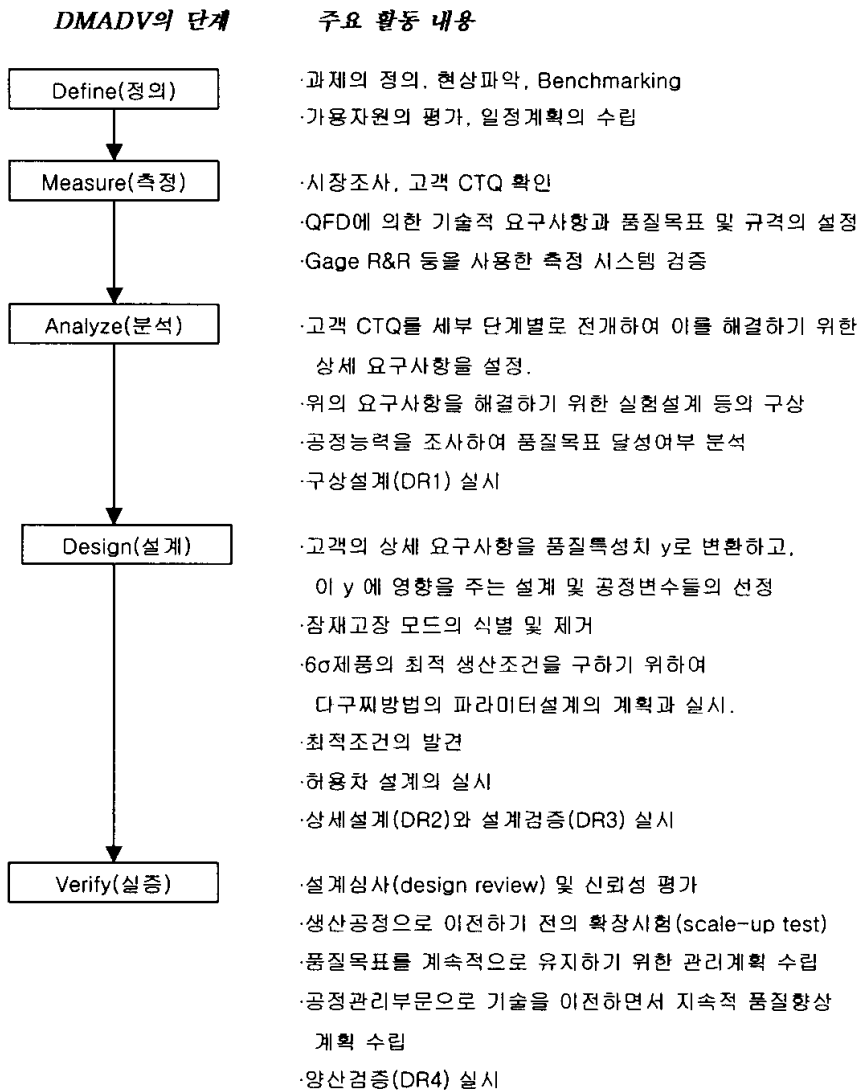
6 시그마 경영의 DFSS를 실행하는 과정에서 COPQ를 획기적으로 줄여서 기업의 이익을 극대화할 수 있다면, 이것이 가장 큰 매력일 것이며, 6 시그마의 인기는 날로 높아져 갈 것이다.

#### IV. 수정된 DFSS 프로세스의 단계

6 시그마가 초기에는 제조공정에서  $6\sigma$  제품을 생산하기 위한 품질혁신 수단으로 창안되었다. 이런 취지에서 6 시그마 프로세스를 DMAIC(Define(정의), Measure(측정), Analyze(분석), Improve(개선), Control(관리)의 약자)로 나누어 품질혁신 단계로 취급하고 있다. DFSS의 프로세스도 이와 유사하게 Motorola, GEMS(GE Medical Systems) 등에서 IDOV 대신에 DMAIC를 수정한 DFSS 프로세스로 DMADV를 사용하기도 한다. DMADV

는 Define(정의), Measure(측정), Analyze(분석), Design(설계), Verify(실증)의 약자로 연구개발부서에서 사용할 수 있는 품질혁신 프로세스라고 볼 수 있다. 6 시그마를 도입하는 기업에서 DFSS로 DMADV를 선택하거나 IDOV를 선택하거나 큰 차이는 없다고 생각하며, 각 기업의 환경에 적합한 프로세스를 사용하면 좋을 것이다. DMADV의 각 단계에서 이루어지는 주요 사항을 적어 보면 <그림 5>와 같다.

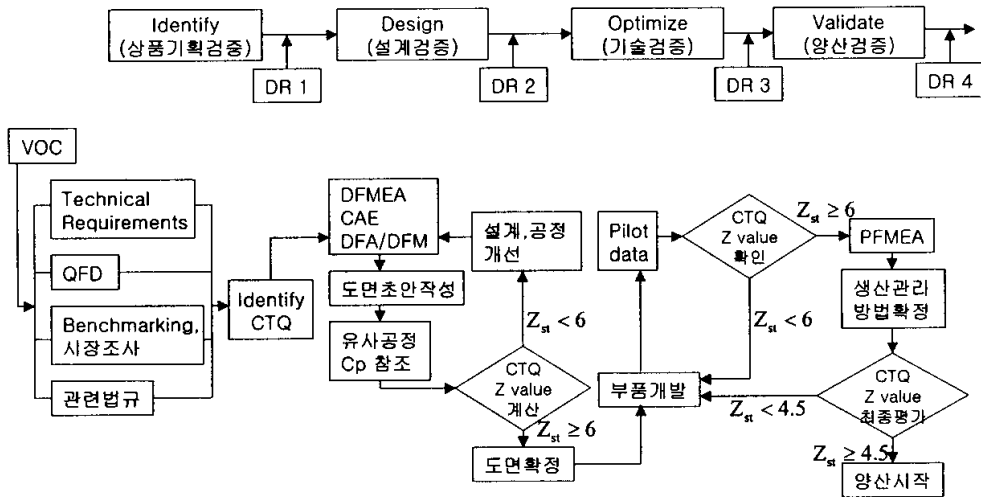
<그림 5> 수정된 DFSS 프로세스의 단계와 주요 활동



### V. DFSS 단계별 추진전략

DFSS는 과학적이고 합리적인 방법으로 연구개발 시간을 단축하면서 고객이 요구하는 6σ 제품을 생산하는 것이 목적이다. 이를 달성하기 위하여 IDOV의 각 단계에서 반드시 평가하여야 할 중요 항목들이 있으며, 이를 간단히 정리하여 그림으로 보이면 <그림 6>과 같다.

<그림 6> DFSS 단계별 추진전략



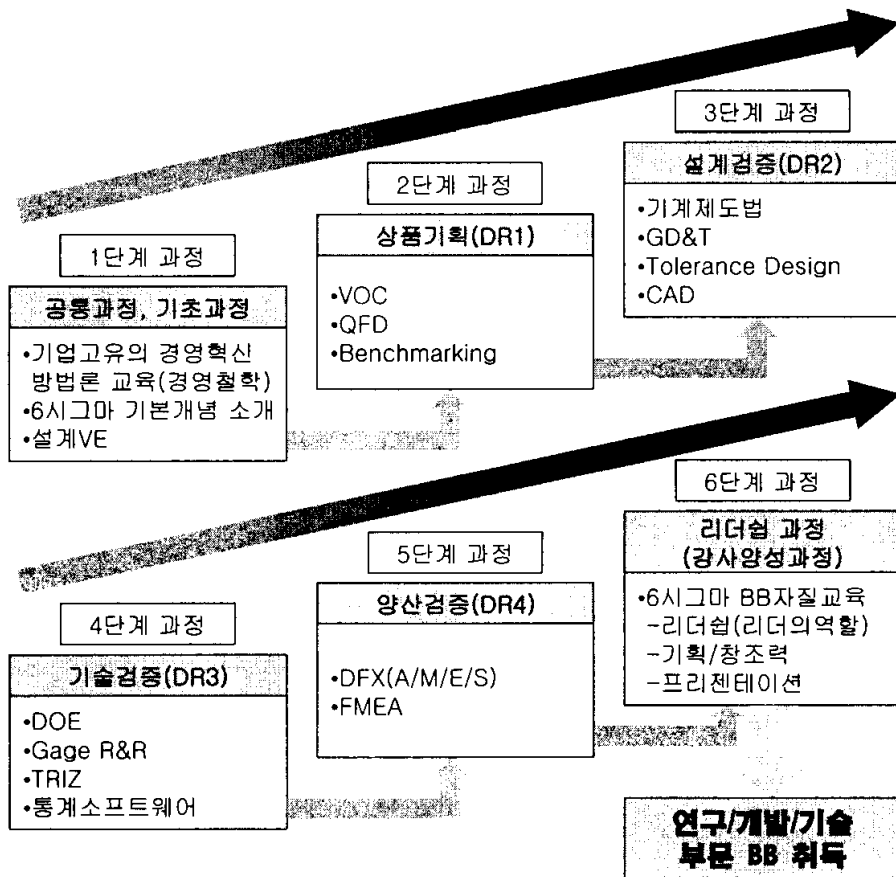
고객의 소리(VOC)가 R&D 부서에 들어오면 기술적 요구사항, 품질기능전개(QFD), 경쟁업체와의 Benchmarking, 관련법규 등을 검토한 후에 CTQ를 결정하게 되며, 개념설계가 이루어지는 것이다. 이러한 단계를 Identify(상품기획검증) 단계라고 부르며, DR1으로 심사하게 된다.

두 번째 단계는 설계검증 단계로, 정하여진 CTQ에 대하여 DFMEA, CAE, DFA/DFM 등을 통하여 원하는 품질을 주리라고 예상되는 도면초안을 작성하게 된다. 이 결과에 대한 심사는 DR2로 이루어진다. 세 번째 단계는 필요한 부품개발, 공정개선 등에 관한 최적화 방안이 연구되는 기술검증 단계로 DR3에 의하여 심사된다. 마지막 단계는 양산검증 단계로 양산하기 위한 생산관리 방법 확정, CTQ의 최종평가 등을 통하여 양산하기 위한 준비를 끝내는 것이다. 이 결과는 DR4로 심사된다.

## VI. DFSS 전문가 양성 프로그램

DFSS의 전문가인 DFSS BB는 대략 4-6주 정도의 교육과정을 통하여 이루어지며, 만약 6주 교육으로 한다면 대략 <그림 7>과 같은 6단계로 이루어지는 것이 보통이다. 각 단계별로 프로젝트를 3 주 정도 실행하여 가면서 교육을 진행시키는 것이 좋으며, 교육되는 내용을 실전에서 경험할 수 있도록 프로젝트를 잡아주는 것이 바람직하다. <그림 7>에 있는 교육 내용은 하나의 예에 불과하며, 기업에 따라서 필요한 교육내용을 별도로 정하여 실행하면 좋을 것이다.

<그림 7> DFSS BB 단계별 교육과정



## VII. DFSS의 실무적용 방법

기업의 R&D 부문에서 DFSS를 그대로 적용하기 위해서는 IDOV(Identify(확인), Design(설계), Optimize(최적화), Validate(검증)) 단계나 DMADV[Define(정의), Measure(측정), Analyze(분석), Design(설계), Verify(실증)] 단계를 하나씩 하나씩 순서대로 밟아 나가야 한다.

DFSS를 처음으로 도입하는 연구소에서는 IDOV(또는 DMADV) 단계가 번거롭게 보일 수도 있으나, 이 단계를 밟아 가며 익숙해지면 이것이 매우 과학적이고 고객만족의 지름길임을 알 수 있을 것이다. DFSS의 도입을 강력히 추진하기 위해서 필요한 기타 사항들에 대해서 몇 가지 적어보면 다음과 같다.

- (1) DFSS가 생소한 기법인 만큼 DFSS 추진부서가 있어야 한다. 누군가 책임을 갖고 추진하는 사람이 없으면 추진이 어려운 것이 우리 기업의 현실이다. 추진부서의 이름은 'DFSS 추진팀', '6 시그마 경영혁신팀', 또는 '6 시그마 추진팀' 등으로 부르면 좋고, 추진부서의 위치는 연구소장 직속으로 하는 것이 바람직하다.
- (2) DFSS를 제대로 추진하려면 여러 가지 사용기법들을 익혀야 함으로 충분한 교육이 필수적이다. 교육과정을 교육내용의 깊이에 따라서 WB(White Belt), GB(Green Belt), BB(Black Belt), MBB(Master Black Belt), Champion 과정 등으로 나누어 체계적으로 연구원들을 교육시켜야 한다.
- (3) 연구소에 DFSS를 제대로 이해하고 추진할 수 있는 인력이 없는 경우에는 외부의 고문(consultant)을 일정 기간 사용할 필요가 있다. DFSS는 상당히 전문적인 지식을 요구함으로 도입 초기에 투자가 불가피한 경우도 있다.
- (4) 일반적으로 연구원들은 새로운 경영기법의 도입을 싫어하는 경향이 있으므로 DFSS의 도입을 촉진하기 위해서 DFSS 기법을 먼저 활용하여 성과를 올리는 연구원에게 보상하여 주는 incentive 제도를 가질 필요가 있다. 기업문화에 어울리는 보상제도는 6 시그마 추진에서 바람직하다.
- (5) 마지막으로 DFSS가 제대로 추진되려면 영업부서 및 생산부서와 유기적인 협조관계가 이루어져야 한다. 영업부서는 고객의 소리를 연구소에 보내주는 역할을 하고, 생산부서는 설계된 제품을 제대로 생산하기 위하여 SPC/Q-map을 실천하는 부서이다. 영업, 연구, 생산부서의 일사불란한 협조체제의 구축 없이는 DFSS 추진이 사실상 어려

운 것이다. 6 시그마 경영이 최근 우리 나라에 도입되어 대기업 중심으로 활발한 적용이 시도되고 있다. 6 시그마의 목표는 궁극적으로 고객만족을 통하여 기업의 경쟁력을 제고하자는 것이고, 고객만족은 설계 및 개발 부문에서부터 시작되어야 한다. 6 $\sigma$  설계인 DFSS는 6 시그마의 핵심으로, 필자들의 생각은 DFSS의 도입 없이는 완전한 6 시그마의 실천이 어렵다고 믿는다. 이 논문에서는 DFSS 프로세스의 단계, 로드맵, 실무적용 방법과 DFSS에서 주로 사용되는 과학적 관리기법들에 대하여 고찰하여 보았다. DFSS를 도입하려는 기업들에 조금이나마 도움이 되었으면 하는 것이 필자의 바람이다.

### 참 고 문 헌

1. 김영일: Introduction to TRIZ. 한국 ASI, 1999.
2. 박성현, 이명주, 정목용: 6 시그마 이론과 실제, 한국표준협회, 1999.
3. 박성현, 이명주, 이강준: 6 시그마 설계를 위한 DFSS, 한국표준협회, 2001.
4. 박성현, 박영현, 이명주: 통계적 공정관리, 민영사, 1997.
5. 박성현: 품질공학, 민영사, 1993.
6. 박성현, 박영현: 통계적 품질관리, 민영사, 1995.
7. 삼성전관 DFSS 연구회: Design for Six Sigma(II), 삼성전관, 1999.
8. 삼성종합기술원: Six Sigma White Belt 교재 Version 2.0, 1999.
9. 田口玄一: 品質工學講座 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 編, 日本規格協會, 東京, 1988.
10. Pierre Chemarin, Gary Cyr, Steve Fleming, Patty Franzel and Kesiah Nuttall: Transactional DFSS at GEMS, GE Medical Systems, 1998.
11. Harry, Mikel: The Vision of Six Sigma: Tools and Methods for Break-through, Sigma Publishing Company, 1994.
12. Kaplan, Robert and Norton, David: "The balanced scorecard - measures that drive performance." Harvard Business Review, 1992.
13. 로버트 캐플런·데이비드 노튼 저, 송경근·성시중 옮김: 가치실현을 위한 통합경영지표 BSC, 한국언론자료간행회 출판, 1998.