

신제품 개발 프로젝트에서의 요소기술 중요도 결정 방안 : QFD와 다구치 방법의 적용

양중서* · 윤명환** · 윤일배*** · 박용태****

〈 목 차 〉

1. 서 론
2. 배 경
3. 연구 방법
4. 연구 결과
5. 결론 및 토의

Summary : Current technology innovation or new product development project is composed of various process elements that conduct researches on fundamental technologies. However, with the effects of PERT and CPM, the greater part of the existing project management researches have only focused on the resource allocation and scheduling. But in the multi-project environment, priorities between technology elements need to be considered. Furthermore, a disagreement of opinion between project managers and researchers should be considered. In this study, technology element priority was determined using modified QFD and Taguchi method. Outcome of each method was compared to analyze the difference between project managers and researchers. As a result, QFD method showed relatively high level of consistency between project managers and researchers.

키워드 : 요소기술, 경쟁력 요소, 요소기술의 중요도, QFD, 다구치 방법

* 서울대학교 기술경영협동과정 박사과정 (e-mail : flydon@naver.com)

** 서울대학교 산업공학과 부교수 (e-mail : mhy@snu.ac.kr)

*** 서울대학교 산업공학과 석사과정 (e-mail : yoon7774@snu.ac.kr)

**** 서울대학교 산업공학과 부교수 (e-mail : parkyt@cybernet.snu.ac.kr)

1. 서론

기술혁신 (Technology Innovation) 프로젝트, 혹은 신제품 개발 (new product development) 프로젝트에 있어서 특정 기술이나 제품 혁신 과정은 그 안에 포함된 여러 가지의 요소기술들을 연구하고 개발하는 하위 프로젝트들로 구성 (multi-project R&D environment)된다 (Eskerod, 1996; Hendriks et al., 1999). 물론 경우에 따라서 그러한 요소기술 하나하나가 또 다른 하위 프로젝트로 구성되기도 한다. 특정 제품이 아무리 간단하거나 어떤 시스템을 구성하는 최하위 요소라 할지라도 단일 요소기술로 만들어낼 수 있는 제품은 흔하지 않다. 예를 들어, 간단한 배터리 R&D 프로젝트 (Endo, et al., 2001)의 경우 구성요소 제조기술 개발과 스택 및 시스템 개발로 나누어 진행되며, 전자의 경우 각 전극의 촉매 및 전해질에 대한 재료의 개발, 전극 접합체 및 분리판 개발로 나누어 진행된다. 또한 후자의 경우도 기계적 강도 설계, 양산성을 고려한 공정 개발, 반응 시 발열 문제 연구 등으로 나누어 진행된다. 이처럼 Multi-Project 환경 하에서는 다방면의 전문가들에 의하여 각자의 하위 프로젝트에 대한 연구가 결집되어야 비로소 연구개발이 완성된다.

프로젝트 진행에 있어서 이러한 각 단계의 개발 프로세스를 이루는 구성 요소들, 즉 요소기술들은 모두 중요하다. 그러나 진행 과정에서 모든 요소기술들에 대한 개발이 완벽하게 이루어지기는 매우 어려우며, 목표한 성능에 미달하는 요소기술들로 인하여 그 기능이 담당할 부분에 대한 취약점이 나타날 수밖에 없다. 이처럼 상위 프로젝트는 한 요소기술의 성능 미달로 인해 프로세스 적체 현상을 겪을 수 있으며, 결과적으로 각 요소기술의 개발 성과에 따라 제품의 경쟁력이나 품질이 좌우될 수 있는 것이다 (Segelod, 2002). 또한 신제품 개발에 있어서 시장 출시 시간 (time-to-market), 품질 향상 (improved quality), 재설계 감소 (lower rework), 원가 절감 (reduced costs) 등 복잡한 요구 사항이 제시되고 있는 상황 하에서 개발 제품의 성공을 위해서 이들 요소기술의 적절한 중요도 확인 및 조정은 중요한 고려 사항이 되고 있다 (Componation, et al., 1999).

이미 Operations Research 및 Project Management 등의 분야에서 다루어져 온 ‘한정된 자원과 시간을 가지고 어떠한 요소기술을 집중적으로 지원할 것인가’, ‘어떠한 요소기술 개발을 보다 중요하게 관리하여야 할 것인가’에 관한 문제 (Cooper, et al., 1999)들은 프로젝트 매니저들이 항상 고민하고 있는 문제이며, 그에 대한 대안 모델 역시 상당히 다양하게 제시되어 왔다. 따라서 제품 개발을 책임지는 프로젝트 매니저에게 있어서 각 개별 요소기술 개발 업무들이 가지는 중요도는 프로젝트 포트폴리오에 있어서 중요한 사안이 된다. 하지만 이러한

사항들은 프로젝트 리더 혼자서는 파악하기 어려운 사안들이며, 특히 하위 프로젝트를 직접 수행하는 연구원들의 의견을 종합하지 않고서는 실제 하위 요소기술의 특성 및 중요도 파악에 있어서 적지 않은 오해의 여지를 남길 수 있다 (Gallstedt, 2003).

본 연구에서는 MEMS 기반의 초소형 비진공형 자이로스코프 개발 프로젝트에 대해 프로젝트 매니저와 요소기술 전문가들로부터 요소기술의 중요도를 파악하고 비교해 보았다. 요소기술 중요도 파악에는 QFD와 다구치 방법을 적용하였으며, 마지막으로 두 방법간의 성능에 대하여 논의하였다.

2. 배경

프로젝트 관리에 있어서 주로 이루어진 연구는 대부분 자원 배분 (resource allocation)이나 스케줄링 (scheduling)문제를 해결하기 위하여 각 요소간의 우선순위 (priority)를 결정하는 문제였다. 1950년대 개발된 후 현재까지도 가장 많이 사용되고 있는 PERT (projected evaluation and review technique) 및 CPM (critical path method)의 경우도 목표를 향해 가는 모든 활동을 '중요한' 활동으로 규정하고, 그 나머지를 '중요하지 않은' 활동으로 규정하여 요소간의 시간적 우선순위를 결정하는데 중점을 두었다 (노부호, 1995; Jaafari, 1996). 특히, 자원배분에 관한 많은 연구는 PERT, CPM의 이러한 Priority Rule을 거의 그대로 적용하고 있거나 비슷한 개념을 그대로 적용하고 있다 (Jaafari, 1996; Ghomi, et al., 2002; Lova, et al., 2000; Khattab, et al., 1996; Hendriks, 1999). 다만 일부 연구 (Jaafari, 1996)에서는 기술적 의존도 (technology dependency)를 고려하는 연구가 있기도 하다. 이처럼 CPM의 영향으로 프로젝트 관리에 있어서 목표를 향하여 가는 Critical Path가 Priority 결정에 있어서 가장 중요한 영향 요소가 되고 있다.

PERT/CPM 네트워크에서 기본 구조를 이루는 구성 요소들은 하나의 제품이나 기술 개발을 위하여 수행되는 세부 요소기술이다. 그러나 기존의 PERT/CPM 관련 연구를 포함하여 프로젝트 관리, 자원 배분 문제 등에서는 이러한 하위 프로젝트 개념의 요소기술 자체의 개발에 있어서 상대적 중요도를 결정하는 문제는 간과되고 있다 (Componation, et al., 1999). 특히, 제품이나 기술의 사후 경쟁력 차원에서 요소기술 각각이 가지는 상대적 중요도에 대한 연구는 희박하다. 앞에서 언급한 바와 같이, 대부분의 연구들은 제한된 요소에서 최대한의 경쟁력을 확보하는 Critical Path를 찾기 위해 다양한 알고리즘을 기초로 한 모델을 제시하는 경우가 대부분이다 (Gurler, et al., 2000; Kima, et al., 2003). 그러나 현실적 상황에서 요소기술의 상대적 중요도는 프로젝트 진행 중 일어날 수 있는 시간과 자원의 재분배, 계획의 변경 등에

있어서 의사결정권자에게 매우 중요한 판단 기준이나 근거가 된다. 특히 의사결정권자가 기술적으로 해당 프로젝트의 전문가가 아닌 경우, 이러한 중요도를 사전에 파악하지 않고서는 효율적인 프로젝트 포트폴리오를 수행할 수 없다 (Gallstedt, 2003).

본 연구에서는 이러한 요소기술들의 중요도를 정량화하고 중요도의 순서를 정하는 방법으로서 두 가지를 제안하고 테스트 하고자 한다. 첫 번째는 QFD의 품질의 집 (HOQ)에 사용되는 개념적 Matrix 중 일부를 활용하여 경쟁력요소와 각 요소기술들 간의 상관관계를 구하여 점수화 하는 방법이다. 두 번째는 다구치 방법에 의한 실험의 개념을 응용하여 요소기술을 인자로, 개개인의 중요도를 잡음 변수로 하여 실험 수치화한 방법이다.

뒤에 기술하겠으나 본 연구에서는 각 요소기술의 중요도를 산정함에 있어서 시장에서의 경쟁력을 좌우할 수 있는 경쟁력요소라는 다중 criteria를 가지고 각 요소기술이 각 criteria에 미치는 영향을 점수화한다. 이러한 점수 산정 방법에 있어서 두 가지 측면의 방법론을 비교 검토하고자 한다. 첫 번째는 각 경쟁력요소에 미치는 각 요소기술의 영향력에 대한 직접 질문을 통한 평가자들의 점수를 기반으로 중요도를 산정하는 방법이다. 이 방법으로서 scoring method와 QFD의 연관관계 행렬을 이용할 수 있다. 양 방법 간의 질문법 등은 큰 차이가 없으나, 시장 경쟁력요소와 요소기술이라는 구조가 QFD의 연관관계 행렬 구조와 잘 합치하고 이를 활용한 평가법의 기존 연구 (Kim, et al., 1997 ; Lowe, et al., 2000) 등이 충분한 효용성을 입증하고 있어 본 연구에서는 QFD 방법 특히, 연관관계행렬을 활용하도록 하겠다. 두 번째는 직접적인 질문이 아닌 각 요소기술에 대한 각 경쟁력요소별 간접적인 비교 방법을 통한 중요도를 산정하는 방법으로서 강건성의 개념을 응용한 다구치 방법을 제안하고 테스트한다.

요소기술의 중요도 산정은 직접질문을 통한 QFD 방법의 테스트만으로도 효용성을 얻을 수 있을 것으로 기대하나, 여기에는 다분히 평가자가 의도적으로 특정 요소기술의 중요도를 평가 절하하거나 절상할 수 있는 소지가 있다. 이에 다구치 방법에서는 각 요소기술들의 사양의 조합만을 비교, 검토함으로써 완전히 그러한 효과를 배제할 수는 없으나 약화시킬 수는 있을 것으로 기대하며, 이에 따라 두 결과의 중요도가 방법론에 따라 다르게 산정될 수 있을 것이다. 이에 대한 의미를 분석한다면, 직접 평가법과 간접 비교법에 있어서의 의미가 무엇인지 밝힐 수 있을 것이다.

또한 프로젝트 요소기술의 중요도 정량화를 위한 Framework 테스트와 더불어 프로젝트를 이끌어가는 프로젝트 매니저와 일반 연구원들 사이에서 발생하는 요소기술의 중요도에 대한 인식의 차이를 연구하고자 한다. 일반적으로 제품 개발을 경영적 측면에서 이끄는 프로젝트 리더들과 연구원들 사이에는 근본적인 시각의 차이가 존재하는 것이 현실이며, 때로는 이로 인한 갈등이 나타나 각 구성원의 능력을 저하시키기도 한다 (Gallstedt, 2003). 따라서 프로젝트 포트폴리오에 있어서 매니저들의 요소기술에 대한 우선순위 기준과 연구원들의 기준이 어

떻게 다른 지에 대하여 연구, 비교할 필요가 있다.

본 연구를 위하여 대형 자동차 회사의 위탁을 받아 비진공형 자이로스코프를 개발하고 있는 2개 벤처회사의 연구진 전원을 대상으로 설문 및 평가를 실시하였다. 2개 벤처회사는 아직까지 자동차사의 vendor는 아니나 기술력을 인정받아 연구개발과제를 독자적으로 수행하고 있는 회사들이다. 그 중 한 개는 제품의 공정을 개발하고 있는 A사 이고, 또 다른 연구진은 제품의 회로 부분을 개발하고 있는 B사 이다.

2.1 MEMS (Micro Electro Mechanical System)기술과 비진공형 자이로스코프

MEMS 기술은 반도체 공정기술을 이용하여 초소형 전기기계 구조물을 만드는 기술이다. MEMS 기술은 반도체처럼 silicon 등의 wafer위에 원하는 성질을 낼 수 있는 물질의 막을 입히고 화학적, 물리적으로 원하는 구조물의 형태로 깎아 초소형 구조물을 제작하는 것이다. 구조물을 깎아내는 기본 단위는 수 μm (1/1000mm)~수십 μm 로서 매우 정밀한 작업을 요한다. 일반적인 MEMS 제품은 단순히 이러한 기계적인 초소형 구조물만으로 이루어진 것은 아니고, 전기적 신호를 내거나 제어를 하는 회로 부분까지도 소형화 하여 일체로 만들어지는 제품들이 많다. 일반적으로 MEMS 기술이 많이 응용되는 제품 분야는 초소형화가 필요한 센서 분야, 광학분야, Bio분야, 정밀기계 분야 등이다.

본 연구에서의 대상은 비진공형 자이로스코프 센서를 개발하고 있는 두 개 회사이다. 자이로스코프는 물체의 회전을 감지하는 각속도계로서, 가속도계가 물체의 가속도를 측정하여 직선운동을 감지하는 센서라면, 자이로스코프는 물체의 각속도를 측정하여 회전운동을 감지하는 센서이다. 비진공형 자이로스코프는 기존의 자이로스코프가 가지고 있는 진공형 Packaging의 문제를 개선한 제품이다. 기존의 자이로스코프는 센서를 보호하기 위한 Packaging이 진공도를 유지하여야 정밀성을 보증할 수 있었다. 그런데 이러한 진공형 제품의 경우 진공도의 유지가 자연 상태에서도 어려워 시간이 갈수록 불량률도 높아지고, 진공형 Packaging의 원가도 높아 가격이 비싼 단점이 있었다. 이러한 단점을 개선한 것이 비진공형 자이로스코프인데, 비진공 Packaging하에서도 정밀성을 유지할 수 있는 제품이다. 이 제품의 개발도 역시 다른 MEMS 제품과 마찬가지로 구조물을 제작하는 공정을 연구해야하고, 전기적 신호를 처리하는 회로 부분을 연구하여야 한다.

앞서 밝힌 바와 같이 본 연구에서 평가에 응하여 준 두 연구진 중 A사는 구조물을 제작하는 공정을 연구 개발하는 회사이고 B사는 회로부분을 개발하는 회사이다.

2.2 QFD (Quality Function Deployment)

품질기능전개 (QFD)는 1960년대 일본에서 처음 개발된 이후 전 세계적으로 널리 사용되고 있으며, 그 응용범위는 전통적인 품질 분야를 벗어나 신제품 개발 계획 및 프로세스에 있어서 유용하게 사용되고 있다 (Hauser & Clausing, 1998; Otto & Wood, 2001; 최창성, 박민용, 1995). 그 외에도 설계 (양영순, 장범선, 1998), 기술평가 (Lowe, et al., 2000), Technology Selection (Kim, et al., 1997), 경영전략 (Han, et al., 1998)에 이르기까지 매우 다양하게 사용되고 있으며 이렇게 그 응용 범위가 넓은 것은 QFD가 고객 또는 시장의 요구와 기술적 사항을 같이 결합하여 계획하거나 평가할 수 있는 매우 유용한 도구이기 때문이다 (Hauser & Clausing, 1998; Lowe, et al., 2000).

품질의 집 (House of Quality)은 QFD의 핵심 구성 요소로서 그 형태는 사용 목적이나 사용자의 편의에 따라 다양하게 변형될 수 있으나 일반적으로 <표 1>의 요소들로 이루어져있다.

<표 1> 품질의 집 (House of Quality): 핵심 구성 요소

QFD 핵심 구성 요소	특 징
고객요구사항 (Customer Requirements - What)	고객집단 규정 및 요구사항 추출
기술적 요구사항 (Functional Requirements - How)	설계자에 의해 결정되는 변수
상관관계 행렬 (Relationship Matrix)	고객요구사항과 기술적 요구사항의 상관관계 및 상관 강도
고객인지도 (Customer Targets and Ratings)	고객들의 인지도 비교
기술적 상관관계 행렬 (Correlation Matrix)	기술적 요구사항간의 상충관계
목표치 (Targets - How Much)	고객요구사항에 가중치를 곱하여 기술적 요구사항별로 가중합 산출

본 연구에서는 전통적인 개념의 QFD의 방법론을 체계적으로 사용하는 것 보다는 다만, 고객요구사항과 기술적 요구사항, 상관관계행렬 부분만을 활용하기로 한다. 이는 사실 상 Scoring method의 변형된 형태라고도 할 수 있으나 QFD의 핵심이라 할 수 있는 품질의 집의 일부 형태를 원용하였다는 점에서 편의 상 QFD 방법론이라 부르기로 하겠다.

2.3 다구치 방법 (Taguchi Method)

QFD 외에 각 프로젝트 요소기술의 중요도를 파악, 분석하기 위해 G. Taguchi에 의해 고안된 통계 방법인 다구치 방법을 사용하였다. 다구치 방법은 강건설계를 위하여 parameter 들이 강건성에 미치는 영향을 분석하기 위한 실험적 방법이다. 이 방법은 필요한 실험 횟수를

줄이기 위해 고안된 직교 배열을 사용하여 매우 효율적으로 Parameter에 대한 필요 데이터를 얻어낼 수 있다. 이렇게 얻어진 데이터는 분산분석을 통하여 parameter들의 영향을 분석해낼 수 있다 (박성현, 1993). 다구치 방법은 전통적으로 품질관리 분야에서 시작되었으나 현재는 정책결정 (Fortanbary, et al., 1996), Manufacturing Simulation (Koturiak & Gregor, 1998) 등의 분야에서도 효율적인 방법으로서 사용되고 있다.

3. 연구 방법

본 연구에서는 요소기술 개발의 상대적 중요도 평가 Framework으로서 두 가지의 방법론을 테스트한다. 첫 번째는 QFD에 사용되는 품질의 집 (house of quality)의 일부 Matrix를 이용하여 평가 참여자들의 설문을 통한 점수를 평가하는 방법이고, 두 번째는 다구치 방법을 응용하여 참여자들의 각 경쟁요소별 점수를 SN비로서 평가하는 방법이다.

3.1 평가 과정

이 방법들을 수행하기 위하여 앞의 서론에서 밝힌 바와 같이 비진공형 자이로스코프를 공동으로 개발하고 있는 A, B 두 회사를 표본으로 선정하였다.

설문을 작성하고 분석을 수행하기 이전에 우선 각 사에서 개발 중인 요소기술들을 파악하고 이 제품의 경쟁력을 좌우할 수 있는 경쟁력요소가 무엇인지 파악하였다. 요소기술과 경쟁력요소의 파악을 위하여 우선 두 회사의 프로젝트 매니저들을 인터뷰하였다. A사의 프로젝트 매니저는 CEO이고 동시에 CTO를 겸하고 있는 엔지니어 겸 경영자이고, B사의 프로젝트 매니저는 해당 개발팀장을 맡고 있는 연구소 간부이다. 두 사람은 프로젝트의 계획과 진행을 긴밀하게 협의하고 있는 협력관계로서 소속 회사의 개발 내용은 물론 상대회사의 개발 내용까지도 잘 파악하고 있어서 각 사의 요소기술들과 제품의 경쟁력요소들을 파악하는데 별 무리가 없었다.

A사의 경우 이 제품의 공정을 개발하기 위하여 7가지의 요소기술에 대한 연구개발을 하고 있고, B사의 경우 제품의 회로부분에서 6가지의 요소기술에 대한 연구개발을 하고 있다. 연구개발 중인 요소기술은 각각 <표 2>, <표 3>와 같다.

A사의 요소기술들은 실제 생산공정에서는 사용되는 순서가 정해져 있으나, 개발에 있어서는 동시에 모든 기술들이 개발되고 있다. B사의 경우도 마찬가지로 6개의 요소기술이 동시에 다른 담당자들에 의하여 개발되고 있다. 각 요소기술의 상세한 내용은 대단히 전문적인 것이며, 기업 기밀과도 관련이 있어 여기에서는 생략한다.

<표 2> A사의 개발 요소기술

번호	요소기술
1	Pattern Generation
2	구조물 define - 공진주파수 제어
3	구조물 define - etch rate 제어
4	부양 및 도선 연결 - 불량률 감소
5	부양 및 도선 연결 - 부양깊이 편차 감소
6	Process Tuning
7	Packaging

<표 3> B사의 개발 요소기술

번호	요소기술
1	미세용량검출회로 SN비 관련 연구
2	미세용량검출회로 불규칙편류 관련 연구
3	Force balancing 회로의 bandwidth 관련 연구
4	Force balancing 회로의 최대각속도 최대입력 범위 관련 연구
5	ASIC 개발
6	Packaging의 misalign 관련 연구

경쟁력요소의 중요도에 있어서는 두 회사의 의견이 일치하였다. 경쟁력요소 중 가장 중요한 것은 가격이다. 동일 사양의 타사 제품에 비하여 가격이 낮아야 하기 때문이다. 그 다음은 성능이다. 이 제품은 두 가지의 성능에 의해서 평가되는데, 하나는 분해능이고 또 하나는 Bandwidth 성능이다. 그 다음으로 환경 안정성, 범용적인 사용성을 위한 여러 시스템과의 호환성도 경쟁력에 중요한 영향 요소가 된다. 또한 향후 시장경쟁력에 영향을 주는 국제 인증도 중요 인자 중 하나이며, 기술적으로 제품의 크기(소형화)와 전력소모율도 사용자의 선택에 영향을 미치는 요소들이다. 이들 간의 상대적 중요도를 1~5점으로 평가하면 <표 4>와 같다. <표 4>에 제시된 수치들은 두 회사의 프로젝트 매니저 간에 이견 없이 일치된 의견으로 결정된 것이다.

산정된 경쟁력요소의 중요도 수치는 QFD 방법론에서 각 경쟁력요소별 요소기술의 중요도 점수에 대한 가중치로서 사용되었고, 다구치 방법에 있어서는 각 경쟁력요소에 대한 각 요소기술의 기여도를 산정하여 이에 대한 가중치로서 사용되었다.

<표 4> 경쟁력요소에 대한 중요도 가중치

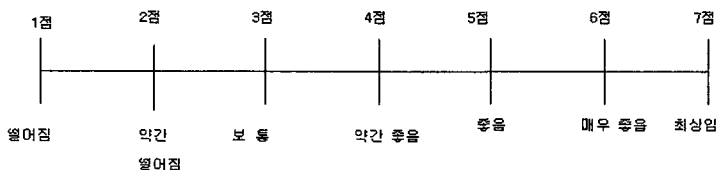
경쟁력요소	중요도 가중치
가 격	5
크 기	1
전력 소모율	1
환경 안정성	3
성능(분해능)	4
성능(band width)	4
호환성	2
인 증	2

그 외에 각 프로젝트 매니저들로부터 각 요소기술들에 대한 각각 두 가지의 사양을 수치화 하여 제시 받았다. 이는 다구치 방법을 수행하기 위한 것으로, 하나는 1차적으로 개발의 성공을 의미하는 사양이고 두 번째는 시장에서의 상당한 경쟁력을 갖추었음을 의미하는 사양이다. 이 두 가지 사양이 다구치 실험을 위한 인자의 수준이 되는 것이다. 이 두 가지 수치들로서 2수준계의 직교배열표를 구성하였고 이 표가 다구치 방법에 의한 평가의 기본 수단이 되었다. 회사 측의 요청에 따라 그 수치는 공개하지 않고, 다만 평가에만 활용하였다. 평가 설문지는 직교배열표를 기본으로 하였고 그 형태는 <그림 1>, <그림 2>와 같다.

다음의 사양들은 가격 경쟁력 측면에서 어떠합니까?

아래의 표에 나와 있는 사양들을 비교 검토 하여 맨 오른쪽 칸에 아래와 같은 기준으로 점수를 기입하여 주세요.

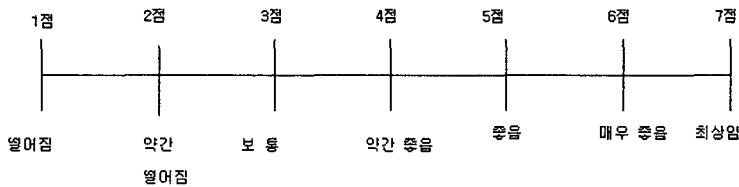
번호	Pattern generation (다위공정)	구조물 define (공진주파수)	구조물 define (etch rate 편차)	부양 및 도선 연결 (불량률)	부양 및 도선 연결 (부양길이 편차)	Process tuning (공진주파수)	Packaging (수율)	점수 (1~7)
1	± 0 μ m 이내	± 0% 이내	0% 이내	0% 이내	± 0 μ m 이내	± 0% 이내	0% 이상	
2	± 0 μ m 이내	± 0% 이내	0% 이내	1% 이내	± 1 μ m 이내	± 1% 이내	1%이상	
3	± 0 μ m 이내	± 1% 이내	1% 이내	0% 이내	± 0 μ m 이내	± 1% 이내	1%이상	
4	± 0 μ m 이내	± 1% 이내	1% 이내	1% 이내	± 1 μ m 이내	± 0% 이내	0% 이상	
5	± 1 μ m 이내	± 0% 이내	1% 이내	0% 이내	± 1 μ m 이내	± 0% 이내	1%이상	
6	± 1 μ m 이내	± 0% 이내	1% 이내	1% 이내	± 0 μ m 이내	± 1% 이내	0% 이상	
7	± 1 μ m 이내	± 1% 이내	0% 이내	0% 이내	± 1 μ m 이내	± 1% 이내	0% 이상	
8	± 1 μ m 이내	± 1% 이내	0% 이내	1% 이내	± 0 μ m 이내	± 0% 이내	1%이상	



<그림 1> 다구치 방법의 평가표 (A사)

다음의 사양들은 가격 경쟁력 측면에서 어떠합니까?
 아래의 표에 나와 있는 사양들을 비교 검토 하여 맨 오른쪽 칸에 아래와 같은 기준으로 점수를 기입하여 주세요.

번호	미세유량 검출회로 (SNB)deg/sec)	미세유량 검출회로 (불규칙, 핀류)	Force balancing회로 (bandwidth)	Force balancing회로 (입력각속도 최대 입력범위)	ASIC	Packaging (mis-align)	점수 (1~7)
1	0	0deg/sec	0Hz	0deg/sec	0	0deg	
2	0	0deg/sec	0Hz	1deg/sec	1	1 deg	
3	0	1deg/hr	1Hz	0deg/sec	0	1 deg	
4	0	1deg/hr	1Hz	1deg/sec	1	0deg	
5	1	0deg/sec	1Hz	0 deg/sec	1	0deg	
6	1	0deg/sec	1Hz	1deg/sec	0	1 deg	
7	1	1deg/hr	0Hz	0 deg/sec	1	1 deg	
8	1	1deg/hr	0Hz	1deg/sec	0	0deg	



<그림 2> 다구치 방법의 평가표 (B사)

<그림 1>, <그림 2>에서 0으로 표시된 것은 각 요소기술들의 1차적인 개발 성공을 의미하는 수치이고 1로 표시된 것은 상당한 경쟁력을 갖춘 사양을 의미한다. 앞서 밝힌 바와 같이 회사 측의 요청에 따라 구체적인 수치는 밝히지 않고 0, 1로서 대신한다.

이렇게 수집된 요소기술과 경쟁력요소를 기준으로 설문 평가를 실시하였다. 평가는 두 회사에서 자이로스코프 개발에 참여하고 있는 연구원 전원에 대하여 실시하였으며, 인원은 각 회사에서 10명씩, 총 20명이었다. A사의 경우, 평가에 응한 10명 중 1명은 회사의 CEO이며 동시에 CTO를 겸하고 있는 프로젝트 매니저이고 9명은 각 요소기술의 개발에 참여하고 있는 일반 연구원이다. B사의 경우, 10명 중 2명이 각각 프로젝트 팀리더, 연구소장으로 프로젝트 매니저이고 8명이 일반 연구원이다.

QFD 방법에 대한 평가는 프로젝트 리더를 포함한 전원에게 각 경쟁력요소와 요소기술 간의 상관관계를 묻는 질문을 통하여 이루어졌다. 즉, "Pattern Generation 기술이 가격경쟁력에 미치는 영향은 어떠합니까?"에 대하여 "매우 큰 양의 상관관계, 양의 상관관계, 약간의 양의 상관관계, 관계가 없거나 음의 상관관계"의 네 가지로 평가하는 형태였다. 평가에 대하여 매우 큰 양의 상관관계는 5점, 양의 상관관계는 3점, 약간의 양의 상관관계는 1점, 관계가 없거나 음의 상관관계는 0점으로 처리하였다. 점수를 1,3,5점으로 처리한 것은 각 항목에 대하여 차별성을 부각하기 위한 것이며 QFD에서 일반적으로 사용되고 있는 방법이다. 음의 상관관

계를 0으로 처리한 것은 요소기술이 특정한 경쟁력요소에 나쁜 영향을 미친다고 하여 음수로 처리할 경우 요소기술의 중요도가 왜곡되는 현상이 발생할 수 있기 때문이다. 예를 들어 정밀성을 높이는 요소기술의 경우 가격 경쟁력에는 음의 상관관계를 가지지만 정밀성의 중요도가 음으로 처리된다면 실제보다 지나치게 낮게 평가될 수 있다.

다구치 방법에 대한 평가는 <그림 1>, <그림 2>에 나타난 바와 같이 직교배열표 상에서 각 경쟁력요소에 대한 요소기술의 사양 조합을 7단계로 세분화하여 진행하였다. 또한 이 평가를 다구치 방법에 의한 실험치와 등가개념으로 생각하여 실험 인자인 요소기술들의 중요도를 평가하고자 하였다. 각 단계 (점수)에 대한 내용은 <그림 1>, <그림 2>에 나와 있다. 여기서 인자들 간의 교호작용에 대한 효과는 무시하였다.

3.2 QFD에 의한 방법

본 연구에서는 QFD에 의한 평가를 위하여 품질의 집에서 고객요구사항 부분, 기술적 요구사항 부분, 상관관계 행렬 부분만이 사용되었다. 고객요구사항 (What) 부분은 본 연구에서 제품의 경쟁력요소로 대신하였다. 즉 자이로스콧프가 개발되어 시장에 나온 이후 제품의 경쟁력을 좌우할 수 있는 요소들을 대입시키기로 하였다. 이 요소들은 시장요구사항과 성격이 일치하는 부분이다. 그러므로 이 부분에는 <표 4>의 요소들이 각 행에 들어가며 이에 따라 Importance Rating 부분은 각 경쟁력요소의 상대적 중요도 가중치로서 <표 4>의 수치가 된다. 기술적 요구사항 (How) 부분은 각 사에서 개발 중인 요소기술 항목들로서 앞 절에 나온 바와 같이 A사의 경우 7개, B사의 경우 6개의 요소기술에 대하여 평가한다. 이 부분 역시 QFD에서는 공학기술 부분이어서 지금까지의 설정은 품질의 집의 본래의 개념을 크게 벗어나지 않는다.

상관관계 행렬은 각 사의 프로젝트 매니저와 연구원들이 평가한 값으로 채워져서 각 요소기술의 평가점수로서 우선순위를 평가한다. 각 요소기술의 중요도 점수는 다음의 식으로 계산된다.

$$P_j = \sum_i r_i \cdot y_{ij} \dots\dots\dots (3.1)$$

- P_j : jj 번째 요소기술의 중요도 점수
- r_i : i 번째 경쟁력요소의 중요도 가중치
- y_{ij} : j 번째 요소기술이 i 번째 경쟁력요소에 미치는 영향 평가치

평가는 각 사별로 프로젝트 리더와 일반 연구원들을 분리하였고 2명 이상의 집단의 경우

각 문항의 수치의 평균치를 사용하였다. 특히 A사 및 B사의 연구원들에 대해서는 각각의 소속회사에서 개발 중인 요소기술에 대한 평가만을 설문 대상에 넣었다.

3.3 다구치 방법에 의한 평가법

다구치 방법은 인자들이 강건성 (robustness)에 미치는 영향을 평가하는 방법이다. 본 연구는 요소기술들의 중요도 평가를 위하여 이러한 강건성의 개념을 이용하고자한다.

강건설계는 통제할 수 없는 잡음변수들의 비이상적인 환경하에서 의도한 성능을 내도록하는 제품을 개발하는 활동이다 (Ulrich & Eppinger, 2003). 즉 강건성의 개념을 활용하기 위해서는 control variable (실험인자), noise variable 그리고 성과측정 (performance metrics)을 정의하여야 한다 (Ulrich & Eppinger, 2003).

이러한 개념에 있어서 본 평가법에서는 control variable을 각 요소기술로, noise variable을 각 평가자로, 마지막으로 성과측정을 경쟁력요소로 대입시켰다. Control variable을 각 요소기술로 대입시켜 <그림 1>의 실험인자로 잡은 것은 평가 방법 상 당연한 일이다. 또한, 요소기술의 중요도의 일관적인 측정에 있어서 가장 장애가 되는 요인은 관련된 각자의 생각이 모두 다르다는 것이다. 그러므로 이러한 평가법에 있어서 사람 개인의 생각의 차이를 잡음 변수 (noise variable)로 생각하고 이러한 잡음이 반영되도록 하여 신호잡음비 (SN비)를 계산하게 되는 것이다. 마지막으로 의도된 성과는 본 평가에 있어서 각 경쟁력요소별 평가치가 될 것이다. 즉 여기에서 의도된 performance라 함은 각 경쟁력요소별로 최고 수준을 유지하게 하는 것이라 할 수 있다 (<그림 1>의 경우 가격경쟁력) 그러므로 각 경쟁력요소의 강건성에 대한 실험인자 (요소기술)의 기여율은 모든 사람들의 생각이 다름에도 불구하고, 즉 잡음 변수의 영향하에서도, 각 요소기술이 경쟁력요소에 미치는 영향이라 볼 수 있다.

본 연구에서는 다구치 실험방법의 분석방법 중 박성현 등이 개발한 간이분석법 (박성현, 1993 ; Park, 1996)만을 사용하였다. 간이분석법의 경우 분산분석을 거치지 않고 비교적 간단한 데이터처리 절차만으로 각 경쟁력요소에 대한 실험인자 (여기에서는 각 요소기술)의 기여율을 계산해낼 수 있기 때문이다.

기여율의 계산은 간이분석법의 핵심적인 내용이다. 1)간이분석법에서 각 요인의 수준간 범위의 값이 크면 그 요인의 변동이 비례하여 크므로 그 요인은 유의하다고 말할 수 있다. 왜냐하면, 예를 들어 A의 변동은 i 수준의 SN비 합을 T_1 라 할 때

$$S_A = (T_i - T_2)^2 / 8 \text{로 얻어지는데, 수준간 범위는}$$

1) 박성현(1993), 「품질공학」, 민영사, p. 224의 간이분석법 설명 부분을 인용.

$RA = |T_1 - T_2|$ 이므로 RA 가 커지면 R_A^2 비례하여 S_A 도 커지기 때문이다. 여기서 기여율은 다음과 같이 정의된 값이다.

기여율 = 수준간 범위/수준간 범위의 합계

기여율을 계산해내면 QFD에서 사용하였던 방법으로 식 (3.1)을 이용하여 각 요소기술의 중요도 점수를 계산한다. 식 (3.1)은 다음과 같이 사용될 수 있다.

$$P_j = \sum_i r_i \cdot c_{ij} \dots\dots\dots (3.2)$$

P_j : j 번째 요소기술의 중요도 점수

r_i : i 번째 경쟁력요소의 중요도 가중치

c_{ij} : j 번째 요소기술이 i 번째 경쟁력요소에 미치는 영향에 대한 기여율

즉 QFD 방법에서는 각 경쟁력요소에 대한 요소기술의 평가점수 y_{ij} 를 응답자들이 직접 평가하여 각 요소기술의 중요도 점수를 산정한 반면, 다구치 실험방법에 의한 평가방법에서는 각 경쟁력요소에 대하여 요소기술들의 사양의 조합에 대한 평가를 실시하고 이를 토대로 각 요소기술들의 기여율을 계산함으로써 중요도 점수를 간접적으로 산정하는 것이다.

QFD에 의한 방법은 평가자들의 응답을 1,3,5점으로 처리함으로써 각 구간의 폭을 크게 하여 사실상 과대 또는 과소평가될 수 있는 위험을 안고 있는 반면, 다구치 방법에 의한 분석법은 평가 그대로를 수치화함으로써 보다 세밀한 평가가 이루어질 수 있다는 장점이 있다.

기여율을 계산하기 위해서는 먼저 SN 비를 계산하여야 할 필요가 있다. 여기에서는 평가자들의 생각이 각각 다르기 때문에 각 평가자를 잡음변수라고 생각하여 평가자 수만큼의 실험을 행하여 이 평가수치를 가지고 SN 비를 산정한다. 여기에서 SN 비는 다음과 같이 정의한다. (박성현, 1993)

$$SN_i = -10 \log [1/n \sum_{i=1}^n 1/y_{ij}^2] \dots\dots\dots (3.3)$$

n : 평가자 수

i : 실험 번호 (<그림 1>, <그림 2>안의 표의 행 번호)

평가는 <그림 1>, <그림 2>에서 알 수 있듯이 점수가 클수록 좋은 특성이 있어 망대특성 (Larger-the-Better)을 나타내고 있다. 식 (3.3)을 살펴보면 다구치 방법의 설문에 의한 평가 점수 y_{ij} 가 클수록 SN 비가 커지는 것을 알 수 있다.

이렇게 계산된 SN비를 각 요소기술의 0수준과 1수준 별로 합계를 내고 각 수준의 SN비의 합의 차이 즉 수준간의 범위에 의한 전체의 비율로서 기여율이 결정된다.

<표 5>는 계산 과정을 보여 주는 간이분석표이다. 이 표에서의 기여율은 각 요소기술이 해당 경쟁력요소에 미치는 영향의 비율을 의미한다. 예를 들면 아래의 표에서 Packaging은 가격에 있어서 48%라는 거의 절반의 영향력을 지닌 것으로 평가된다. QFD 방법에서는 Packaging과 부양 및 도선연결 (불량률) 이 모두 가격에 대하여 매우 큰 영향을 미치는 것으로 평가되어 똑같이 5점으로 처리되었으나 이 방법에서는 48.0%와 15.5%로서 수치상의 차이를 보이고 있다. 이러한 차이가 두 방법론의 차이점을 설명하는 것으로 보인다.

<표 5> 다구치 방법에 의한 평가 계산 과정 예시 (A사 가격에 대한 평가)

인자 이름		pattern generation	구조물define (공진주파수)	구조물define (etch rate)	부양 및 도선(불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)	process tuning	packaging
수준의 SN비 합계	0수준	36.9	34.3	33.4	32.2	33.7	36.4	25.9
	1수준	33.4	36.1	37.0	38.2	36.6	34.0	44.5
수준간 범위		3.5	1.8	3.6	6.0	2.9	2.4	18.6
기여율(%)		9.0%	4.7%	9.2%	15.5%	7.6%	6.1%	48.0%

4. 연구 결과

4.1 QFD 방법에 의한 결과

<표 6> QFD방법에 의한 평가 (A사 프로젝트매니저)

경쟁력요소	중요도 가중치	pattern generation	구조물define (공진주파수)	구조물define (etch rate)	부양 및 도선 (불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)	process tuning	packaging
1) 가격	5	3.0	3.0	3.0	5.0	1.0	5.0	5.0
2) 크기	1	5.0	3.0	1.0	3.0	0.0	0.0	5.0
3) 환경	1	1.0	0.0	0.0	5.0	0.0	1.0	5.0
4) 전력	3	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	5.0
5) 분해능	4	5.0	5.0	3.0	5.0	5.0	1.0	1.0
6) bandwidth	4	1.0	3.0	3.0	5.0	5.0	1.0	1.0
7) 호환성	2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
8) 인증	2	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0
		58.0	50.0	40.0	76.0	45.0	34.0	78.0

<표 6>, <표 7>에는 첫 번째 공정을 개발하고 있는 A사의 QFD 방법에 의한 평가결과가 나타나 있다.

<표 6>의 결과는 A사의 프로젝트 매니저에 의한 평가 결과이다. 이 결과를 보면 A사의 프로젝트 매니저는 Packaging과 부양 및 도선연결 공정의 불량률 제어를 가장 중요한 요소기술로 꼽고 있으며 Process Tuning을 가장 중요하지 않은 요소기술로 평가하고 있다. 점수의 차이도 보아도 최저점수와 최고점수의 차이가 44점이나 되는 분명한 차이를 보이고 있다.

<표 7> QFD 방법에 의한 평가 (A사 일반연구원)

경쟁력요소	중요도 가중치	pattern generation		구조물define (공진주파수)		구조물define (etch rate)		부양 및 도선 (불량률)		부양 및 도선 (깊이 편차)		process tuning		packaging	
1) 가격	5	3.3	*1.58	3.1	2.03	3.6	1.94	4.4	1.67	2.2	1.86	4.8	0.67	3.3	2.50
2) 크기	1	3.8	1.72	1.4	1.81	1.8	2.05	0.9	1.62	0.8	0.97	3.0	2.40	3.4	2.35
3) 환경	1	0.9	0.93	1.8	2.05	0.9	1.62	2.7	2.00	0.9	0.93	2.4	1.81	3.1	2.26
4) 전력	3	2.2	1.56	0.9	0.93	1.0	1.58	1.2	1.39	1.1	1.54	1.8	2.05	0.8	0.97
5) 분해능	4	3.4	2.13	4.3	1.00	3.9	1.45	1.8	2.05	2.3	1.94	3.9	1.76	2.7	2.00
6) bandwidth	4	3.1	2.42	4.3	1.41	3.8	1.99	2.0	2.06	3.1	2.03	3.7	2.00	2.4	2.24
7) 호환성	2	0.9	1.27	1.4	2.07	0.9	1.62	1.2	1.72	1.1	1.54	2.0	1.87	2.9	2.15
8) 인증	2	1.4	1.24	2.1	2.20	1.8	1.86	0.9	0.93	1.6	2.01	3.2	1.86	3.9	1.76
		58.9		63.2		59.4		48.8		43.2		75.3		59.6	

주: 오른쪽 셀은 표준편차.

<표 7>은 A사의 연구원들의 응답의 평균치로서 계산한 점수이다. 각 경쟁력요소별 요소기술의 평가 점수 중 왼쪽 셀은 응답자들의 수치이고, 오른쪽 셀은 표준편차이다. 일반연구원들에 의한 평가결과를 살펴보면 프로젝트매니저가 가장 중요하지 않은 요소기술로 평가한 Process Tuning을 가장 중요한 기술로 꼽은 반면 프로젝트 매니저가 가장 중요한 기술로 꼽은 Packaging, 부양 및 도선연결의 불량률 부분은 중간 또는 가장 낮은 중요도로서 평가하고 있다. 또한 주목할만한 것은 가장 중요한 요소기술과 중요한지 않은 요소기술의 점수차이가 32점 정도이어서 이의 편차도 일반연구원들의 평가가 훨씬 작다.

<표 8> QFD 방법에 의한 평가결과 비교표 (A사)

프로젝트 매니저	packaging	부양 및 도선 (불량률)	pattern generation	구조물define (공진주파수)	부양 및 도선 (깊이 편차)	구조물define (etch rate)	process tuning
	78.00	76.00	58.00	50.00	45.00	40.00	34.00
일반 연구원	process tuning	구조물define (공진주파수)	packaging	구조물define (etch rate)	pattern generation	부양 및 도선(불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)
	75.33	63.22	59.56	59.44	58.89	48.78	43.22

<표 8>은 A사의 평가결과를 비교하고 있다. 앞서서도 잠시 언급하였듯이 <표 8>의 결과를 보면 프로젝트 매니저와 일반 연구원들 사이의 각 요소기술에 대한 평가가 극명하게 다르다는 것을 알 수 있다. 각 요소기술들의 대하여 중요도에 대하여는 프로젝트 매니저와 연구원들의 의견이 엇갈리고 있다. 한 예로서 Process Tuning의 경우 프로젝트 매니저는 이 요소기술을 가장 중요하지 않은 기술로 꼽은 반면, 연구원들은 가장 중요한 기술로 꼽고 있다. 이 문제에 대하여 프로젝트 매니저와 연구원들에게 개별적으로 질문한 결과, 연구원들은 이 요소기술을 가장 힘들고 중요하게 인식하고 있다는 것을 알게 되었다. 이 기술이 완성되어야 비로소 양산단계로 넘어갈 수 있는 공정 개발의 핵심이라고 말하고 있다. 이 기술에서 원가, 제반 사양 등이 결정된다고 보고 있다.

그러나 프로젝트 매니저의 생각은 다르다. Process Tuning이 어렵고 힘든 작업이고, 원가에 중요한 영향을 미치기는 하지만 이 기술은 시간과 노력을 들이면 거의 해결된다고 믿고 있다. 또한, 이 요소기술은 전체 제품 개발 성공의 전제 조건이어서 실질적으로 경쟁력요소에 영향은 그다지 크다고 보지 않는다. 실제로 프로젝트 매니저는 이 요소기술에 대하여 가격에는 매우 큰 영향이 있다고 답하였으나, 성능과 환경안정성에 약간의 영향이 있다고 하였을 뿐 나머지 요소에는 영향이 없다고 답하였다. 프로젝트 매니저가 가장 중요한 기술로 평가한 Packaging이나 부양 및 도선 연결의 불량률을 개선하는 기술은 사실상 제품의 성능보다도 가격이나 양산 등에 크게 영향을 미치는 기술들이다.

이러한 경향은 회로 부분을 개발하고 있는 B사의 경우에도 잘 나타난다. <표 9>, <표 10>은 각각 B사의 프로젝트 매니저와 일반 연구원들의 평가를 수치화한 결과이다. <표 11>은 두 결과의 비교표인데, 여기에서도 프로젝트 매니저와 일반 연구원들의 생각은 몇 가지 요소 기술에서 달라짐을 알 수 있다.

<표 9> QFD 방법에 의한 평가 (B사 프로젝트 매니저)

경쟁력요소	중요도 가중치	미세용량회로 SN비		미세용량회로 불규칙 편류		force balanc bandwidth		force balanc 최대각속도		ASIC		packaging	
1) 가격	5	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	5.0	0.00	0.0	0.00
2) 크기	1	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00	5.0	0.00	0.0	0.00
3) 환경	1	0.0	0.00	0.5	0.71	0.0	0.00	1.0	0.00	4.0	1.41	1.0	0.00
4) 전력	3	0.0	0.00	0.5	0.71	0.0	0.00	0.0	0.00	5.0	0.00	0.0	0.00
5) 분해능	4	5.0	0.00	0.5	0.71	0.5	0.71	0.0	0.00	0.5	0.71	1.5	2.12
6) bandwidth	4	0.0	0.00	0.5	0.71	5.0	0.00	3.0	0.00	0.0	0.00	1.5	2.12
7) 호환성	2	2.5	3.54	4.0	1.41	4.0	1.41	3.0	0.00	5.0	0.00	1.5	2.12
8) 인증	2	2.5	3.54	3.0	2.83	3.0	2.83	1.5	2.12	3.0	0.00	2.5	3.54
		30.0		20.0		36.0		22.0		67.0		21.0	

주: 오른쪽 셀은 표준편차.

<표 10> QFD 방법에 의한 평가 (B사 일반 연구원)

경쟁력요소	중요도 가중치	미세용량회로 SN비		미세용량회로 불규칙 편류		force balanc bandwidth		force balanc 최대각속도		ASIC		packaging	
1) 가격	5	3.1	2.17	3.0	2.33	2.3	2.49	2.3	2.49	3.8	2.31	1.5	1.93
2) 크기	1	1.1	1.89	0.5	1.07	0.1	0.35	1.0	1.31	4.8	0.71	0.6	1.77
3) 환경	1	1.8	1.75	0.9	1.73	1.5	2.20	0.8	1.04	1.9	2.17	0.3	0.46
4) 전력	3	2.0	2.07	1.8	1.39	1.1	1.25	0.6	1.06	3.9	2.10	0.0	0.00
5) 분해능	4	4.8	0.71	3.3	2.19	3.8	1.49	3.1	2.17	0.6	1.06	1.9	1.89
6) bandwidth	4	3.5	2.07	2.5	1.41	3.9	1.81	2.6	1.85	0.4	0.52	1.0	1.31
7) 호환성	2	1.8	1.75	1.5	1.31	1.3	1.83	0.8	1.04	0.9	1.36	1.1	1.89
8) 인증	2	3.0	2.07	2.5	2.27	1.3	1.58	1.3	1.58	1.3	1.83	2.1	2.42
		67.0		52.6		51.8		41.9		45.3		26.4	

가장 두드러진 차이는 ASIC과 미세용량회로의 불규칙 편류이다. <표 9>, <표 10>에서 볼 수 있듯이 프로젝트 매니저들은 ASIC을 가장 중요한 요소기술로 꼽았고, 미세용량회로의 불규칙편류를 가장 중요하지 않은 요소기술로 답하였다. 그러나 연구원들의 견해는 미세용량회로의 불규칙편류를 두 번째로 중요한 요소기술로, 또한 프로젝트 매니저들이 가장 중요한 요소기술로 생각하는 ASIC은 중간 정도의 중요성을 가진 요소기술로 꼽았다. 이러한 차이가 나는 데에는 두 요소기술이 가지고 있는 특성에 요인이 있다. ASIC과 불규칙편류는 상호 보완적인 관계가 있다. ASIC은 제품의 가격과 소형화에 매우 중요한 요소기술인데, 다시 말하면 상품화에 있어서 매우 중요한 요소이다.

그러나 ASIC은 불규칙편류 기술이 높은 수준에 있으면 다소 커져도 되고 사양이 다소 떨어져도 되는 요소이다. 그럼에도 불구하고 프로젝트 매니저들이 ASIC을 가장 중요한 요소기술로 꼽은 데에는 현재 회사가 가지고 있는 불규칙편류 기술이 상품화에 어느 정도는 접근해 있는 수준이라는 이유가 있는 것으로 보인다. 그러므로 지금부터는 불규칙편류에 대한 기술개발 강도를 다소 낮추고 ASIC에 주력해야 한다고 보는 반면 일반 연구원들은 불규칙편류에 대한 연구를 더 발전시켜 보다 어려운 기술인 ASIC에 대한 부담을 덜 가지는 것이 훨씬 더 중요하다고 보고 있다.

불규칙편류에 대한 생각은 프로젝트 매니저들이 가격과 성능에 별 영향이 없다고 생각하는 반면에 연구원들은 성능 및 가격에 어느 정도 영향이 있다고 생각한다. 가격에 관한 두 집단의 생각을 보면 프로젝트 매니저들이 ASIC만을 가격에 중요한 영향이 있다고 보는 반면, 연구원들은 ASIC과 불규칙편류 두 가지 요소기술에 비슷한 정도의 영향이 있다고 답하였다. 이는 불규칙편류 기술을 발전시킴으로써 ASIC에 대한 부담을 더는 간접적 영향으로 생각된다.

<표 11> QFD 방법에 의한 평가결과 비교표 (B사)

프로젝트 매니저	ASIC	force balancbandwidth	미세용량회로 SN비	force balanc 최대 각속도	packaging	미세용량회로 불규칙 편류
	67	36	30	22	21	20
일반 연구원	미세용량회로 SN비	미세용량회로 불규칙 편류	force balancbandwidth	ASIC	force balanc 최대 각속도	packaging
	67.0	52.6	51.8	45.3	41.9	26.4

QFD에 의한 방법에 대하여 A,B 두 회사의 결과를 종합하여보면, 프로젝트 매니저들의 생각은 주로 시장에서의 상품성, 양산에 중요한 요소 등이 각 요소기술의 중요도를 판단하는 기준이 되는 데 비하여 연구원들에게는 목표 수준에 도달하기 위한 기술적 난이도가 훨씬 중요한 기준이 되는 것으로 해석된다.

4.2 다구치 방법에 의한 결과

<표 12> 다구치 방법에 의한 평가 결과 (A사)

프로젝트 매니저	pattern generation	구조물define (공진주파수)	packaging	process tuning	구조물define (etch rate)	부양 및 도선 (불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)
	5.70	5.12	2.98	2.69	2.12	1.75	1.64
일반연구원	구조물define (etch rate)	packaging	구조물define (공진주파수)	부양 및 도선 (불량률)	pattern generation	process tuning	부양 및 도선 (깊이 편차)
	5.67	4.40	3.65	2.94	2.88	1.60	0.86

<표 12>는 식 (3.2)와 (3.3)에 의하여 계산한 값이다. 이 방법에 의한 결과를 살펴보면, 각 요소기술이 경쟁력요소에 미치는 간접적인 효과에 의한 중요도가 큰 평가를 받지 못한 것으로 보인다. 예를 들면 앞서 QFD에 의한 방법에서 일반연구원들이 Process Tuning을 가장 중요한 요소기술로 평가한 것은 그 기술이 가격 등 비중이 큰 경쟁력요소에 직접적인 영향을 미치기 보다는 간접적인 파급효과에 의한 영향이 큰 때문이었다. QFD 방법에서처럼 특정한 요소기술이 특정한 경쟁력요소에 미치는 영향을 직접 질문할 경우 그러한 간접 효과를 고려하여 중요도를 반영할 수 있었다. 그러나 모든 다른 요소기술 사양을 종합적으로 고려하여야 하는 다구치방법에 의한 평가는 그러한 간접적 파급효과를 고려하여 평가하는 것이 용이하지 않았던 것으로 보인다.

이러한 결과로서 일반연구원들의 경우 QFD에서 가장 중요한 기술로 꼽았던 Process Tuning이 다구치 방법에 의한 결과에서는 중요도가 매우 떨어지는 것으로 나타나고 있다. 반면에 Packaging이나 부양 및 도선연결의 불량률 관련 연구는 가격에 대한 직접적인 효과가

크게 반영되어 중요도가 QFD의 결과보다 올라간 것으로 해석된다. 또한 프로젝트 매니저의 부양 및 도선연결 (불량률)에 대한 평가의 경우 QFD에서는 분해능 및 Bandwidth 등 성능에 미치는 간접영향이 높게 평가되었으나, 다구치 방법에서는 이 부분에 대한 반영이 되지 않아 중요도가 많이 떨어진 것으로 평가되었다. <표 13>은 B사의 경우에 대한 값이다.

<표 13> 다구치 방법에 의한 평가 결과 (B사)

프로젝트 매니저	미세용량회로 SN비	미세용량회로 불규칙 편류	force balancbandwidth	force balanc 최대각속도	ASIC	packaging
		5.47	4.78	4.60	2.37	1.69
일반연구원	ASIC	미세용량회로 불규칙 편류	미세용량회로 SN비	force balanc 최대각속도	force balancbandwidth	packaging
	6.16	4.96	3.20	2.44	1.68	1.39

B사의경우도 역시 이러한 직접적인 영향에 대한 효과가 평가에 큰 작용을 한 것으로 보인다. 일반 연구원들의 경우 ASIC과 불규칙편류 2개를 모두 가장 중요한 요소기술로 평가하고 있는 것이다. QFD에서는 사실상 반 의도적으로 ASIC의 중요도를 평가절하 하였으나 직접적인 사양의 조합 비교에서 평가된 결과는 모두 중요하다는 것이다.

프로젝트 매니저들의 경우도 QFD에서 중요성을 가장 낮게 평가하였던 불규칙편류가 직접적인 효과의 반영으로 중요도가 매우 높게 평가되었다. 다만, ASIC의 경우 가격, 환경안정성, 전력소모율 측면에서 기여율이 불규칙편류에 비하여 비교적 낮은 점수를 얻음으로써 전체 중요도 점수가 매우 낮아진 결과를 볼 수 있었다. 프로젝트 매니저들의 입장에서 직접적인 경쟁력에 대한 효과는 불규칙편류 쪽에 훨씬 더 큰 비중을 둔 것으로 보인다.

<표 14> QFD 방법과 다구치 방법에 의한 평가 결과 비교 (A사)

프로젝트 매니저	QFD 방법	packaging	부양 및 도선(불량률)	pattern generation	구조물define(공진주파수)	부양 및 도선 (깊이 편차)	구조물define(etch rate)	process tuning
			78.00	76.00	58.00	50.00	45.00	40.00
일반 연구원	다구치 방법	pattern generation	구조물define(공진주파수)	packaging	process tuning	구조물define(etch rate)	부양 및 도선(불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)
		5.70	5.12	2.98	2.69	2.12	1.75	1.64
일반 연구원	QFD 방법	process tuning	구조물define(공진주파수)	packaging	구조물define(etch rate)	pattern generation	부양 및 도선(불량률)	부양 및 도선 (깊이 편차)
		75.33	63.22	59.56	59.44	58.89	48.78	43.22
일반 연구원	다구치 방법	구조물define(etch rate)	packaging	구조물define(공진주파수)	부양 및 도선(불량률)	pattern generation	process tuning	부양 및 도선 (깊이 편차)
		5.67	4.40	3.65	2.94	2.88	1.60	0.86

<표 14>, <표 15>는 양 사의 QFD 방법과 다구치 방법에 의하여 계산된 결과를 비교해 놓았다. 앞서 설명한 부분들에 의하여 순서가 뒤바뀐 부분들이 많음을 볼 수 있다.

<표 15> QFD 방법과 다구치 방법에 의한 평가 결과 비교 (B사)

프로젝트 매니저	QFD 방법	ASIC	force balancbandwidth	미세용량회로 SN비	force balanc 최대각속도	packaging	미세용량회로 불규칙 편류
		67	36	30	22	21	20
일반 연구원	다구치 방법	미세용량회로 SN비	미세용량회로불 규칙 편류	force balancbandwidth	force balanc 최대각속도	ASIC	packaging
		5.47	4.78	4.60	2.37	1.69	1.39
일반 연구원	QFD 방법	미세용량회로 SN비	미세용량회로불 규칙 편류	force balancbandwidth	ASIC	force balanc 최대각속도	packaging
		67.0	52.6	51.8	45.3	41.9	26.4
	다구치 방법	ASIC	미세용량회로불 규칙 편류	미세용량회로 SN비	force balanc 최대각속도	force balancbandwidth	packaging
		6.16	4.96	3.20	2.44	1.68	1.39

4.3 연구결과 평가

결과에 대한 유용성 검증을 위하여 평가에 참여한 연구원들을 대상으로 결과에 대한 동의 여부를 조사하였다. 조사는 각 회사별로, 또한 직무별로 (프로젝트 매니저 혹은 일반연구원) 각각 자신이 속한 집단의 결과에 대한 동의 여부를 5점 척도로 측정하였다.

평가자들에게 해당 집단의 평가 결과를 제시하고 QFD, 다구치 방법에 대하여 결과에 대한 동의 여부를 질문하였으며 점수는 다음과 같이 산정되었다. 매우 동의 -5점, 동의 -4점, 보통 -3점, 동의하지 못함 -2점, 전혀 동의하지 못함 -1점. 조사는 평가 참여자들의 퇴사 등 회사 또는 개인 사정 상 전원을 대상으로 이루어지지는 못하였으며, A사의 경우는 프로젝트 매니저 1명 중 1명, 연구원 9명 중 6명에 대하여, B사의 경우는 프로젝트 매니저 2명 중 2명, 연구원 8명 중 6명에 대하여 이루어졌다.

조사 전 QFD 방법과 다구치 방법의 의미에 대하여 설명하였으며, 간접 효과에 대한 연구결과도 설명하였다. 조사 결과는 다음의 <표 16>과 같다.

연구결과에 대한 평가 결과 모든 집단에서 두 방법론에 대하여 보통 이상의 평가를 보이고 있다. QFD 방법의 경우 모든 집단이 동의 또는 매우 동의하는 수준의 반응을 보이고 있어 매우 유용한 수단임을 알 수 있다. 다구치 방법의 경우 그 보다는 다소 떨어지는 보통과 동의 사이의 반응을 나타내고 있으나, B사의 경우 비교적 높은 동의 수준을 보여 방법론으로서 유

용한 수단이 될 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

<표 16> 평가결과 동의도 분석

	A사 매니저		A사 연구원		B사 매니저		B사 연구원	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
QFD	5.0	0.00	4.0	0.89	4.5	0.71	4.2	0.75
다구치	3.0	0.00	3.5	0.83	4.0	0.00	3.8	0.75

5. 결론 및 토의

본 연구를 통하여 두 가지의 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 본 연구에서 사용하였던 변형된 QFD 방법과 다구치 방법은 각 요소기술의 중요도를 판단하는데 유용한 도구이다. 다만, 두 방법에 의하여 평가한 요소기술의 중요도는 서로 다른 결과를 보이고 있는데, 이는 직접 질문법에 의하여 평가한 QFD 방법과 각 요소기술 사양의 조합을 통하여 평가한 다구치 방법은 요소기술이 각 경쟁력요소에 미치는 직, 간접적 영향이 많이 반영되거나 혹은, 배제되는 효과 때문인 것으로 추정된다.

(2) 경영 측면을 더 중요시 하는 프로젝트 매니저들과 기술적 측면을 더 중요시하는 연구원들 사이에는 근본적인 시각차이가 존재한다. 프로젝트 매니저들은 제품이 향후 지녀야 할 상품성과 양산에 중요한 기술들을 더 중요하게 생각하고, 회사가 가지고 있는 기술적 수준, 대안 등 연구개발과 사업 등을 종합적으로 고려하여 QFD와 같은 직접 질문법에 대답하는 반면 연구원들은 기술적 목표를 달성하기 위하여 더 노력하여야 하는 요소기술에 중요도를 두고 있다.

본 평가결과에 대해 사후 인터뷰한 결과 두 회사의 프로젝트 매니저 및 연구원들은 대체적으로 QFD 방법에 의한 결과에는 동의하였다. 그러나 다구치 방법에 의한 평가결과에는 의외라는 반응을 보이기도 하였다. 또한 일부 연구원들의 경우 다구치 방법에 의한 평가가 쉽지 않았다는 이야기를 하기도 하였다. 6개 또는 7개의 사양의 조합을 종합적으로 고려하기는 매우 어려웠다는 것이다. 어떠한 경쟁력요소에 2~3가지 정도의 요소기술만이 결정적인 요인이 라면 큰 문제가 없으나 그 보다 여러 가지 요인이 복합적으로 작용한다면 사람의 머리로 판단하기가 난해하다는 견해이다.

이러한 경험과 의견들을 토대로 본 연구에서는 QFD를 보다 확실한 방법론으로 결론 내리 고자 한다. 다만, 이 방법론을 더욱 발전시키기 위한 향후 과제는 본 연구에서 매니저들에 대한 인터뷰를 통하여 도출하였던 중요도 가중치를 산정하는 방법을 좀 더 과학적인 방법으로

개선하고, 단순히 참고 수치로만 제시되었던 평가 수치의 표준편차를 활용하거나 혹은 의미를 부여하는 방법론의 개발이 되어야 할 것이다. 가중치의 계산은 관련 전문가들에 대한 Delphi method를 이용하는 방법 등을 생각할 수 있을 것이다.

다구치 방법에 의한 평가는 간접적 요인의 배제 등 일련의 유의한 경향을 확인하였으나, 보다 많은 평가자 수에 의하여 다시 한번 검증될 필요가 있을 것으로 생각된다. 평가자의 수가 한정적이었다는 것이 본 연구의 한계로 지적될 수 있을 것이다. 또한 이 방법을 검증하는데 있어서도 평가 인자의 수를 최소한으로 하고 평가자들에 대한 사전 교육 등에 있어서도 많은 주의를 기울일 필요가 있을 것으로 사료된다.

〈참고문헌〉

- 노부호 (1995), 「현대경영과학」, 서울: 무역경영사.
- 박성현 (1993), 「품질공학」, 서울: 민영사.
- 양영순·장범선 (1998), “새로운 개념에 의한 설계지원 기술: QFD 방법을 이용한 변경 설계”, 「대한조선학회지」, Vol. 35, No. 3, pp. 59-65.
- 최창성·박민용 (1995), “QFD 기법을 이용한 무선호출기의 감성공학적 설계에 관한 연구”, 「대한산업공학회 95추계학술대회 논문집」, pp. 289-294.
- Componation, P. J., D. R. Utley and R. L. Armacost (1999), “Prioritizing Components of Concurrent Engineering Programs to Support New Product Development”, *System Engineering*, Vol. 2, No. 3, pp. 168-176.
- Cooper, R. G., S. J. Edgett and E. J. Kleinschmidt (1999), “New Product Portfolio Management: Practices and Performances”, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 16, No. 4, pp. 333-351.
- Endo, E. and Y. Tamura (2001), “Resource Allocation Model for Planning R&D on Solar Cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, Vol. 67, pp. 655-661.
- Eskerod, P. (1996), “Meaning and Action in a Multi-Project Environment: Understanding a Multi-Project Environment by Means of Metaphors and Basic Assumptions”, *International Journal of Project Management*, Vol. 14, No. 2, pp. 61-65.
- Fortanbary, M.W., B.K. Mansager and C.F. Newberry (1996), “Supporting Acquisition Decision through Effective Experimental Design”, *Mathematical and Computer*

- Modelling*, Vol. 23, No. 1-2, pp. 81-90.
- Gallstedt, M. (2003), "Working Conditions in Projects: Perceptions of Stress and Motivation among Project Team Members and Project Managers", *International Journal of Project Management*, Vol. 21, pp. 449-455.
- Ghomi, F. and B. Ashjari (2002), "A Simulation Model for Multi-project Resource Allocation", *International Journal of Project Management*, Vol 20, pp. 127-130.
- Gurler U., M.C..Pinar and M.M. Jelassi (2000), "On Closed-Form Solutions of a Resource Allocation Problem in Parallel Funding of R&D Projects", *Operation Research Letters*, Vol 27, pp. 229-234.
- Han, C., J. Kim, S. Choi and S. Kim (1998), "Determination of Information System Development Priority Using Quality Function Development", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 35, No. 1-2, pp. 241-244.
- Hauser, J. R. and D. Clausing (1998), "The House of Quality", *Harvard Business Review*, Vol 66, No 3, pp. 62-73.
- Hendriks, H. A., B. Voeten and L. Kroep (1999), "Human Resource Allocation in a Multi-Project R&D Environment: Resource Capacity Allocation and Project Portfolio Planning in Practice", *International Journal of Project Management* Vol. 17, No. 3, pp. 181-188.
- Jaafari, A. (1996), "Time and Priority Allocation Scheduling Technique for Projects", *International Journal of Project Management*, Vol 14, No. 5, pp. 289-299.
- Khattab, M. and K. Soyland (1996), "Limited Resource Allocation in Construction Projects", *Computers and Industrial Engineering*, Vol 31, No. 1/2, pp. 229-232.
- Kim, K., K. Park and S. Seo (1997), "A Matrix Approach for Telecommunications Technology Selection", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 33, No. 3-4, pp. 833-836.
- Kima, K. W., M. Genb and G. Yamazaki (2003), "Hybrid Genetic Algorithm with Fuzzy Logic for Resource-Constrained Project Scheduling", *Applied Soft Computing*, 2/3F, pp. 174-188.
- Koturiak, J. and M. Gregor (1998), "FMS Simulation: Some Experience and Recommendations", *Simulation Practice and Theory*, Vol. 6, No. 5, pp. 423-442.
- Lova, A., C. Maroto and P. Tormos (2000), "A Multicriteria Heuristic Method to Improve Resource Allocation in Multiproject Scheduling", *European Journal of Operation*

- Research*, Vol. 127, pp. 408-424.
- Lowe, A., K. Ridgway and H. Atkinson (2000), "QFD in New Production Technology Evaluation", *International Journal of Production Economics*, Vol. 67, pp. 103-112
- Otto, K. and K. Wood (2001), *Product Design*, New Jersey : Prentice Hall.
- Park, S.H. (1996), *Robust Design and Analysis for Quality Engineering*, New York: Chapman & Hall.
- Segelod, E. (2002), "Resource Allocation in a Few Industries: Determinants and Trends", *International Journal of Production Economics*, Vol. 77, pp. 63-70
- Ulrich, K. T. and S. D. Eppinger (2003), *Product Design and Development*, (3/E), Boston: McGraw-Hill.