



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

기술경영학 박사 학위논문

신제품 개발을 위한 프론트로딩 활동요소
도출과 적용방안에 관한 연구
-자동차부품 설계단계 중심으로-



2020년 8월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

박 병 학

기술경영학 박사 학위논문

신제품 개발을 위한 프론트로딩 활동요소
도출과 적용방안에 관한 연구
-자동차부품 설계단계 중심으로-

지도교수 옥영석

이 논문을 기술경영학 박사 학위논문으로 제출함.

2020년 8월

부경대학교 기술경영전문대학원

기술경영학과

박 병 학

박병학의 기술경영학 박사 학위논문을 인준함.

2020년 8월

위 원 장 공 학 박 사 광 기 호 (인)
위 원 공 학 박 사 강 인 철 (인)
위 원 공 학 박 사 조 규 성 (인)
위 원 경제학 박사 이 정 훈 (인)
위 원 공 학 박 사 옥 영 석 (인)

목 차

I. 서론	1
1. 연구의 배경과 목적	1
2. 연구의 방법	4
3. 연구의 구성	5
II. 이론적 배경 및 선행연구	7
1. 이론적 배경	7
가. 신제품 정의와 유형	8
나. 신제품 개발 프로세스	11
다. 프론트로딩 전략	32
라. 시스템 완전성의 법칙	38
마. Pugh Matrix	40
바. 계층분석방법	42
2. 선행 연구	51
가. 신제품 개발 프로세스 관련 선행연구	51
나. 프론트로딩 관련 선행연구	58
III. 파생제품 개발	65
1. 문제 정의	65
2. 연구 모형	68
3. 분석 결과	69
가. AHP 결과	69
나. 프론트로딩 핵심활동 요소 비교	74
다. 프론트로딩 사례연구	75

IV. 혁신제품 개발	76
1. 문제 정의	76
2. 연구 모형	77
가. 프론트로딩 활동요소 후보 도출 방법	78
나. 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 선정 방법	93
3. 분석 결과	94
가. AHP 결과	94
나. AHP 결과 비교	100
V. 결론	101
1. 연구결과의 요약	101
2. 연구결과의 시사점	103
3. 연구의 한계점과 향후 연구의 방향	107
참고 문헌	108
1. 국내 문헌	108
2. 해외 문헌	114
<부록: 설문지>	122
감사의 글	127

〈표 목차〉

<표 2-1> APQP 주요 활동요소	15
<표 2-2> 연구개발의 핵심활동 요소의 중요성	19
<표 2-3> GE-NPI 주요 활동요소	22
<표 2-4> 현대자동차 DFSS 주요 활동요소	31
<표 2-5> 컴퓨터 시뮬레이션과 시작제품 비교	36
<표 2-6> TRIZ 76가지 표준해의 다섯 가지 분류	38
<표 2-7> Pugh Matrix 평가 방법	41
<표 2-8> AHP 측정값 종류	45
<표 2-9> AHP 쌍대비교 구성 모형	46
<표 2-10> AHP 쌍대비교 척도	46
<표 2-11> 난수 지수	49
<표 2-12> 가중치 종합 방법	50
<표 2-13> APQP 선행 연구	53
<표 2-14> NPI 선행 연구	55
<표 2-15> DFSS 선행 연구	57
<표 2-16> 프론트로딩의 효과성 분류	61
<표 2-17> 프론트로딩의 유형 분류	63
<표 3-1> 설문 엔지니어 분류	70
<표 3-2> AHP 결과	71
<표 3-3> AHP 결과(도면출도 전 그룹)	72
<표 3-4> AHP 결과(도면출도 후 그룹)	73
<표 3-5> 핵심활동 요소 비교	74
<표 4-1> 설계단계의 활동요소	80

<표 4-2> 설계단계의 활동요소 정리	86
<표 4-3> Pugh Matrix 평가 전	90
<표 4-4> Pugh Matrix 평가결과	91
<표 4-5> 혁신제품 설문 엔지니어 분류	95
<표 4-6> 혁신제품 AHP 결과	97
<표 4-7> 혁신제품 AHP 결과(도면출도 전 그룹)	98
<표 4-8> 혁신제품 AHP 결과(도면출도 후 그룹)	99
<표 4-9> AHP 결과 비교	100



〈그림 목차〉

〈그림 1-1〉 연구 구성	6
〈그림 2-1〉 신제품 유형	9
〈그림 2-2〉 신제품 개발 기간중 사양변경 건수 추이	12
〈그림 2-3〉 APQP 다섯 단계	14
〈그림 2-4〉 신제품 개발 기간중 총품질 비용	14
〈그림 2-5〉 현대자동차의 APQP와 PSO 단계	17
〈그림 2-6〉 연구개발의 핵심활동 요소	18
〈그림 2-7〉 GE-NPI 프로세스	21
〈그림 2-8〉 식스 시그마 프로세스	24
〈그림 2-9〉 신제품 개발 기간중 설계변경 비용	24
〈그림 2-10〉 DFSS의 기회	25
〈그림 2-11〉 GE-DFSS 프로세스	27
〈그림 2-12〉 포드자동차 DFSS 프로세스	28
〈그림 2-13〉 현대자동차 DFSS 프로세스	30
〈그림 2-14〉 프론트로딩 문제해결	33
〈그림 2-15〉 프론트로딩에 활용된 지식 소스	35
〈그림 2-16〉 시스템의 구성	39
〈그림 2-17〉 AHP 계층 모형도	44
〈그림 3-1〉 설계단계의 핵심활동 여섯 가지 요소	66
〈그림 3-2〉 부품설계 프로세스	66
〈그림 3-3〉 핵심활동 요소 분석	67
〈그림 3-4〉 AHP 계층화	68
〈그림 3-5〉 지식 프론트로딩 적용 결과	75

<그림 4-1> 혁신제품 설계단계 프론트로딩 활동요소 선정 흐름도	77
<그림 4-2> 신제품 개발의 설계단계 시스템	79
<그림 4-3> 설계단계 활동요소 재구성	87
<그림 4-4> 기술시스템 구성요소로 재정의	89
<그림 4-5> 혁신제품 프론트로딩 핵심활동요소	91
<그림 4-6> 혁신제품 부품설계 프로세스	92
<그림 4-7> 혁신제품 AHP 계층화	93
<그림 4-8> 혁신제품 프론트로딩 핵심활동 요소 결과	96



A Study on Derivation and Application of Front-Loading Factors for New Product Development : Focus on Automobile Parts Design Stage

Byung Hag Park

Graduate School of Management of Technology
Pukyong National University

Abstract

As the growth of the global automobile industry is getting slow, the electric vehicle market is expanding due to fuel economy regulations. In addition, the development of products with autonomous driving technology by digital transformation is rapidly progressing. Thus, the quick adaption to the development change is required by car makers and automotive parts.

The purpose of this study is to provide the priority of the front-loading core activities on the design stage of the automotive parts development process, in order to efficiently & effectively respond to the demands of the car maker(customer). By prioritization, the development direction is given in order to improve design completeness within a limited design period. “Front-loading” is defined as a strategy in order to improve development performance by finding out and solving design problems on the earlier phases of a product development process. Two approaches of the front-loading are project-to-project knowledge transfer and rapid problem solving. For the study, a survey was conducted on the R&D department in the automobile parts company and analyzed by AHP (Analytic Hierarchy Process) method.

First, the priority selection process for “Improvements to exiting products” consists of six core activities of front-loading on the parts design stage, which are required by the car makers. Second, “New-to-world products” systematically derive new core activities and select priorities of them. Derivation of core activities defines the design process of the

new product development process as a technology system, and compares and analyzes the activities through literature on the APQP(Advanced Products Quality Planning), GE-NPI(General Electric-New Product Introduction), and DFSS(Design for Six Sigma) as new product development processes, and then the candidates for front-loading activities on the design stage are derived. Next, after the evaluation criteria were presented in terms of the TRIZ(theory of solving inventive problem) technology system, According to the criteria, six core activities from front-loading activities on the design stages are derived through Pugh Matrix. The priority of the core activities of the front-loading was selected through AHP.

As a result of the study, the following are the six priority elements of the front-loading core activity. “Improvements to exiting products” have the order of priority as “Problems of past project”, “Drawing Review”, “CAE(Computer Aided Engineering)”, “FMEA(Failure Mode and Effects Analysis)” & “SR(Sourcing of Requirements)”. On the other hand, “New-to-world products” have the order of priority as “CAE”, “Drawing Review”, “FMEA”, “TRIZ”, “DFM(Design for Manufacturing)/ Problems of past project” & “VOC (Voice of Customer)”. Finally, the findings are expected to provide a valuable guideline for improving design completeness to “product design researchers”.



I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

자동차 산업은 빠른 속도로 전환하여 새로운 모습으로 달리고 있다. 양적 성장이 둔화하는 동시에 전기·수소 자동차, 자율주행차의 등장으로 파괴적 혁신(Disruptive innovation)이 가속화되는 추세를 보인다(최제림, 2019). 이런 환경변화에 대응하기 위해 정부는 미래 자동차 산업 국가비전 선포식에서 2030년까지 미래차 경쟁력 1등 국가 달성이라는 목표하에 세계에서 가장 먼저 2027년 전국 주요 도로의 완전 자율주행 상용화 계획을 발표하였으며, 2030년에는 신차 판매 비중이 전기·수소차가 전체 자동차 판매량의 33%에 달할 것이라고 발표하였다(산업통상자원부, 2019). 이와 같은 전기·수소 자동차 증가와 디지털 전환(Digital Transformation)¹⁾에 의한 자율주행 기술발전 추세로 자동차에 적용되는 부품들의 복잡성과 위험성이 증가하고 있어 자동차부품 개발 패러다임 또한 급변하고 있다(김시호, 2019). 이에 자동차 부품업체는 완성차 업체의 고객 요구사항을 만족하는 제품을 설계, 개발, 생산해야 하는데, 이를 위해서는 원가와 품질경쟁력 뿐만 아니라 설계부터 생산까지 경쟁자보다 빠르게 수행할 수 있는 신속성이 필요하다(Datar et al., 1997) 완성차 업체에서는 1980년대부터 신제품의 개발 기간을 최소화하고 효율적 운영을 위한 선행 개념인 APQP(Advanced Product Quality Planning, 사전제품품질계획)를 부품업체에 요구하고 있으며,

1) Digital Transformation이란 디지털 기술을 기반으로 새로운 비즈니스를 개발하여 “새로운 가치를 창출”하는 것으로 기업, 조직, 산업, 사회에 대한 근본적인 변화를 초래하는 것(한상영, 2019).

부품업체는 이를 수용하여 APQP에 따라 설계 및 개발 프로세스를 수행하고 있다.

신제품 개발에 있어서 초기 설계단계 결정사항이 후기단계 비용의 80%에 영향을 미친다(Ulrich & Pearson, 1993). 그러므로 자동차 부품업체의 경쟁력 확보를 위해서 신제품 개발 초기단계의 높은 수준의 설계 완성도 확보가 중요하고 필수적이라고 할 수 있다. 신제품 개발의 초기단계에 중요하고 효율적인 전략의 하나인 프론트로딩(Front-loading)²⁾은 신제품 개발 프로세스 초기단계에서 양산단계의 문제를 식별하고 문제를 해결하여 개발 효과를 향상하는 전략이다(Thomke & Fujimoto, 2000). 프론트로딩에 대한 연구는 2000년 이후 도요타 자동차를 비롯하여 완성차 개발에 있어서 조기 문제 식별, 개발시간 단축, 신속한 시작품 개발에 관련해서 다양하게 연구가 이루어지고 있다(Fujimoto, 1999; Thomke & Fujimoto, 2000; 김태운, 2010; Morgan & Liker, 2006; Leon et al., 2013; Tuna & Windisch, 2014; Imai, 2017). 그러나 자동차 부품업체의 경우 일부 수직계열화 업체를 제외하면 자체 연구역량이나 기술자립도가 절대적으로 부족한 상황으로 신제품 개발 초기단계 프로세스를 구체적으로 도출한 사례를 찾아보기 힘든 것이 사실이다. 또 2018년 7월부터 주 52시간 근로제의 시행으로 근로시간 단축에 따른 직무몰입이 중요해졌으며(장호중, 2019), 자동차 부품업체에서는 신제품 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하고 우선순위를 선정하여 신속한 업무수행 방법을 개발할 필요성이 높아졌다. 이에 대해 이현욱 외(2016)는 IT용 제품 개발사에서 자동차 부품업체로 탈바꿈하는 ‘신제품 개발 프로세스’를 제안하였고, 그 핵심요소로 기존 IT산업 분야는

2) 2000년에 하버드대학의 Thomke 및 동경대학의 Fujimoto 교수가 처음으로 학술 논문에서 사용한 용어이다. 프론트로딩은 개발 초기단계에 빠른 문제해결로 후기 실물 시작차 제작 횟수를 줄이고 전체적으로 기간 단축을 시도하는 전략이다.

7가지³⁾, 자동차 분야는 10가지⁴⁾로 정의하였다. 특히 제품개발 초기부터 모든 부서가 조기 참여하여 양산에서 생길 수 있는 많은 문제를 조기에 해결하여 양산으로 이관하는 DFM(Design For Manufacturing, 제조를 고려한 설계) 체계를 마련하였으나, 제품의 품질, 시간 단축 특히 원가의 80%가 개발 초기인 설계단계에서 결정되는 활동요소 항목들과 활동요소의 중요도가 결여되어 있는 한계가 있다.

본 연구의 목적은 자동차 부품업체 입장에서 완성차 업체인 고객의 요구에 효과적이고 효율적으로 협력하기 위하여 자동차 부품개발 프로세스 초기 단계에서 제품설계자가 프론트로딩 전략을 적용하여, 신제품에 대한 설계 단계에서 활동요소의 우선순위를 결정하기 위함이다. 이를 위해 지금까지의 내연기관 자동차인 파생제품과 전기·수소 자동차, 자율주행차인 혁신제품으로 구분하여 신제품 개발에 있어서 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동요소를 선정하고자 한다.

3) IT산업의 신제품 개발 핵심요소로 1. Product(Strategic, Portfolio) 2. Product Planning 3. Project Management 4. Drawing & Development 5. Performance, Knowledge management 6. Organization, Human Resource 7. Product Data Management

4) 자동차 신제품 개발 핵심요소는 1. 시장, 고객 이해 및 고객 요구 분석 2. 수주 선별(Screening) 3. 동시공학(Simultaneous Engineering) 4. 제품/부품 승인 5. 제품 평가(Validation) 6. 개발 샘플관리 7. V-Model과 V-Process 8. 변경관리 9. 양산시작(SOP)+ 6개월 10. 양산이후(After Sales)

2. 연구의 방법

본 연구는 완성차 업체인 고객의 요구에 자동차 부품업체가 효과적이고 효율적으로 협력하기 위하여 부품개발 프로세스 초기단계에서 프론트로딩 방식을 적용하여, 신제품을 파생제품과 혁신제품으로 구분하여 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위를 도출하고자 한다.

파생제품 개발에서는 고객사에서 APQP를 기본으로 하는 활동요소에서 부품업체 연구개발에 가이드로 제시한 프론트로딩 핵심활동 요소들을 AHP(Analytic Hierarchy Process, 계층분석방법)를 활용한 요인의 계층 분석을 통하여 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 파악한다. 고객사에서 제시한 가이드와 부품업체에서 선정된 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 비교하고 프론트로딩 사례연구를 설명한다.

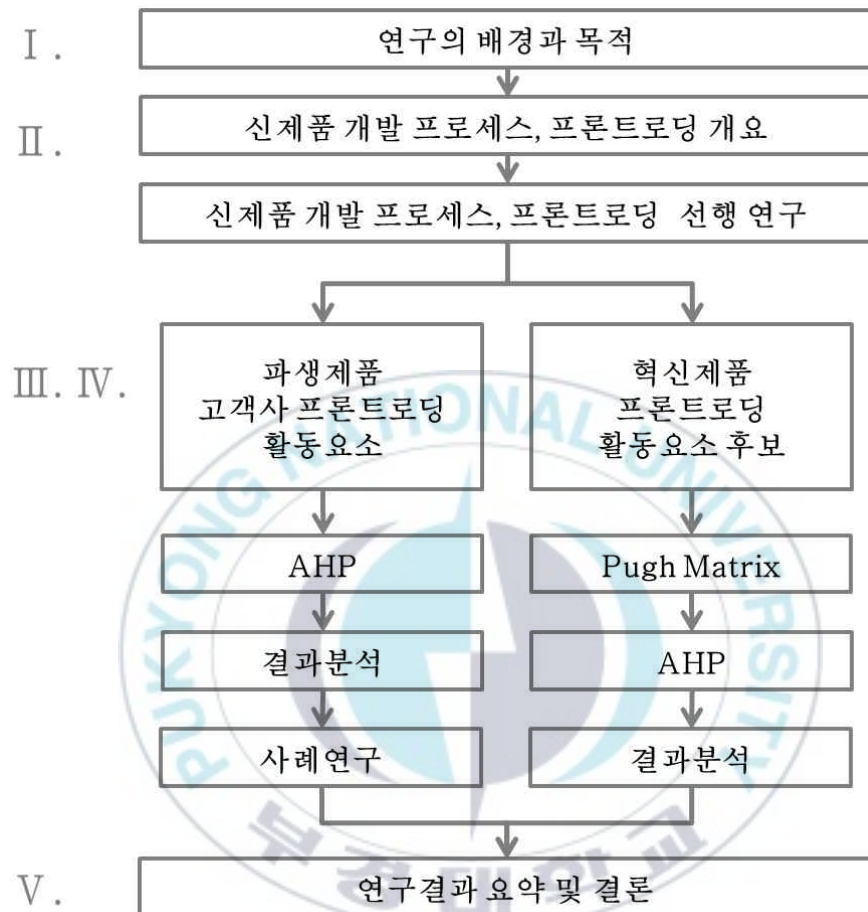
혁신제품 개발에서는 프론트로딩 핵심활동 요소를 체계적으로 도출한 후에 AHP를 통하여 우선순위를 선정한다. 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하기 위하여 신제품 개발 프로세스의 설계단계 과정을 기술시스템으로 정의하고, 세 가지 종류의 신제품 개발 프로세스를 통하여 활동요소를 도출하여, Pugh Matrix⁵⁾ 방법으로 프론트로딩 핵심활동 요소를 선정 후, AHP를 활용한 요인의 계층 분석을 통하여 혁신제품 개발에 있어서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 우선순위를 파악한다. AHP 모형 도출과 설문예 참여한 전문가들은 40년간 부품을 생산하는 자동차 부품 전문 업체의 연구개발 실무자로 구성되었으며, AHP 모형은 A부품사가 개발 운영 중인 연구개발 AHP 지침에 의해 도출한다.

5) Pugh Matrix는 Strathclyde 대학의 Stuart Pugh 교수가 개발한 상대비교 기법으로 개념과 인자를 선택하는데 주로 사용된다(Creveling et al., 2003).

3. 연구의 구성

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서는 신제품의 정의와 유형을 살펴보고, 세 가지의 신제품 개발 프로세스 개요와 이론적 배경, 설계단계 활동요소를 정리 그리고 프론트로딩 전략에 대한 정의하고, 신제품 개발 프로세스와 프론트로딩에 관한 문헌을 고찰한다. 그리고 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 우선순위를 도출하고 선정하기 위한 Pugh Matrix와 AHP 방법론을 살펴본다. III장에서는 자동차부품의 파생제품 개발에 있어서 고객사에서 요구하는 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 AHP를 통하여 제시하고자 한다. 분석 결과에서 고객사에서 제시한 가이드와 부품업체에서 선정된 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 비교하고 프론트로딩 사례연구를 설명한다. IV장에서는 신제품 유형에서 파생제품과 혁신제품이 차이가 있으므로, 혁신제품에서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하기 위하여 먼저 자동차부품의 혁신제품 개발에 있어서 프론트로딩 전략이 적용된 신제품 개발 프로세스의 활동 요소들을 재정리하였다. 그리고 설계단계의 프론트로딩 활동요소를 Pugh Matrix를 통하여 도출하고, 도출된 핵심활동 요소의 우선순위를 AHP로 도출한다. 그리고 분석 결과를 정리하고자 한다. 마지막으로 V장에서는 연구결과의 요약, 주요 시사점과 한계점 그리고 향후 연구방안을 제시하고자 한다. <그림 1-1>은 전체 연구의 구성을 도식화한 것이다.

<그림 2-1> 연구 구성



II. 이론적 배경 및 선행연구

본 연구의 목적은 자동차 산업 환경과 근무환경의 변화에 따른 완성차 업체인 고객의 요구에 효율적이고 효과적으로 협력하기 위하여 자동차 부품개발 프로세스의 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 선정하여 설계단계 업무를 향상하는 데 있다. 이를 위하여 신제품의 정의와 유형을 살펴보고, 신제품 개발 프로세스와 프론트로딩 전략의 개념 그리고 중요도와 우선순위를 도출을 위해 Pugh Matrix와 AHP 방법론을 살펴보고, 신제품 개발 프로세스와 프론트로딩 관련 선행연구 조사를 수행하고자 한다.

1. 이론적 배경

자동차 산업에서 자율주행차, 전기·수소 자동차와 같은 친환경 자동차의 증가 그리고 근무환경의 변화로 연구개발 업무의 선택과 집중이 필요해졌다. 자동차 부품개발에 있어서 품질 향상, 개발 기간 단축 그리고 비용절감을 위한 신제품 개발 프로세스와 관련하여 많은 연구가 주를 이루고 있다. 효율적인 신제품 개발 방법의 하나인 프론트로딩 전략 사례는 완성차 메이커에서 찾아볼 수 있으나, 자동차 부품업체의 경우 일부 수직계열화 업체를 제외하면 자체 연구역량이나 기술자립도가 절대적으로 부족한 상황으로 신제품 개발 초기단계 프로세스를 구체적으로 도출한 사례를 찾아보기 힘든 것이 사실이다. 이에 신제품의 정의와 유형, 신제품 개발 프로세스 종류 및 프론트로딩 전략 정의, 우선순위 도출과 선정 방법에 대해 알아보고, 신제품 개발 프로세스와 프론트로딩에 관한 선행연구 등을 문헌 조사하였다.

가. 신제품 정의와 유형

자동차 산업의 변화에 따라 신제품에 대한 관심과 중요도가 높아지고 있다. Montoya-Weiss와 Calantone는 신제품이 중요한 몇 가지 이유가 있는데, 신제품은 기업이 새로운 영역으로의 확장과 성장의 관점에서 좋은 기회를 제공할 수 있다는 것이다. 신제품이란 다양한 관점에 따라 정의될 수 있다. Cooper는 “시장에 출시되어 있는 성능과 기능이 유사한 제품과는 관계없이 기업에서 새롭게 개발되고 시장에 출시된 제품”으로 정의하였다(배문형, 2015). Leifer et al.(2000)은 급진적인 혁신제품을 “완전히 새로운 성능 특성, 기존 제품보다 5배 혹은 그 이상의 성능 향상, 30%이상 비용절감 중에 하나 이상을 제공할 수 있는 잠재력을 갖춘 제품”이라고 정의하였다(Danneels, 2001). Wasson(1960)은 마케팅 저널에 “새로운 제품의 새로운 점은 무엇인가?”라는 제목의 기사를 실었다. 이 질문에 대해 적절히 대답한 학자는 없었다. 학자들과 실무자들이 신제품을 분류하는 방법은 다양했는데, 그들은 “혁신적/비혁신적”, “연속적/불연속적”, “진화적/혁명적”, “증가적/급진적”, “중요적/소수적” 그리고 “완전히 새로운” 같이 다양하게 사용했다.

신제품에 대한 분류체계에서 가장 많이 사용되는 이론으로, 시장에서의 새로움과 기업 측면의 새로움이라는 변수를 사용하여 신제품 유형을 분류하였다(Booz et al., 1982). <그림 2-1>과 같이 매트릭스 9개의 셀에서 6가지의 유형의 신제품이 있다. 혁신제품(New-to-world Products)은 기업과 시장 모두에게 새로운 것이며 가장 혁신적인 타입이다. 원가절감 제품(Cost reductions)은 기존의 성능과 비슷하지만 저비용으로 제공되며, 두 관점 모두에게 혁신성이 가장 낮은 유형이다. Morgan & Liker(2006)에 의하면 성숙한 단계인 자동차 산업 내 제품은 파생제품(Additions to existing

products) 또는 개선제품(Improvements to existing products)으로 분류하였다. 그러나 오늘날 지구온난화 및 환경오염 등의 문제에 직면하여 세계 각국은 기존의 화석연료를 사용하는 내연기관 자동차를 대체하려는 계획을 세워왔고, 완성차 업체에서는 혁신적인 제품인 친환경 전기·수소 자동차의 신차 비중을 점차 증가하여 출시하고 있다. 현재 자동차 산업에서는 파생제품, 개선제품 그리고 혁신제품으로 구분 할 수 있다.

〈그림 2-1〉 신제품 유형

Newness to company	High	New product lines	N/A	New-to-world products
		Improvements to exiting products	Additions to existing products lines	N/A
		Cost reductions	Re-positioning	N/A
	Low	Newness to market		High

출처: Booz et al. (1982)

〈그림 2-1〉의 신제품 유형에서 (1) 세계에 처음 나온 제품 (New-to-world products, 혁신제품)은 완전히 새로운 시장에서 생산되며, 시장과 기업 모든 측면에서 새로운 신제품이다. (2) 신제품 라인 (New product lines)은 시장에서는 완전히 새로운 제품은 아니지만, 특정 기업에게는 새로운 제품으로 처음 형성된 시장에는 한 회사만 들어올 수 있도록 허락하는 것이 보통이다. (3) 제품의 기능 강화(Improvements to exiting products, 파생제품)는 기업 측면에서는 새로운 제품이지만, 기존의 제품에 다른 특성을 추가하여 기존의 생산라인에 큰 변화가 없이 제품생산이 가능한 경우이다. 이는 시장 측면에서는 꽤 새로운 제품으로 볼 수 있다. (4) 기능 개선 및 변경 (Additions to existing products lines, 개선제품)은 기존 생산라인

에서 기존의 제품을 대체하는 것이다. 즉, 기존 제품에 가치를 높이거나 성능을 개선한 제품이다. (5) 재구성(Re-positioning)은 동일한 제품을 새로운 시장에 적용하는 것으로 기존 제품에 새로운 용도를 적용하는 것이다. (6) 비용절감(Cost reductions)은 신제품 유형의 최소한의 의미로 새로움을 의미한다. 개발과 생산의 관점에서 변화를 가져오는 것으로 낮은 비용으로 유사한 성과를 창출하는 것이며 기업 측면에서는 신제품으로 보고 있다. 신제품의 유형은 여섯 가지로 분류된다.



나. 신제품 개발 프로세스 유형

제품 개발 프로세스는 제품의 특성이나 시장 측면 등에 따라서 차이가 있으며 다양한 프로세스가 연구되었다. 본 연구에서는 완성차 개발과정에서 자동차 부품업체에 요구하는 APQP, 성공적인 제품을 만들어 출시하기 위해서 개발된 NPI 그리고 프로세스 초기단계인 설계품질을 높이기 위한 DFSS 등의 세 가지의 신제품 개발 프로세스에 대한 개요를 살펴보고자 한다.

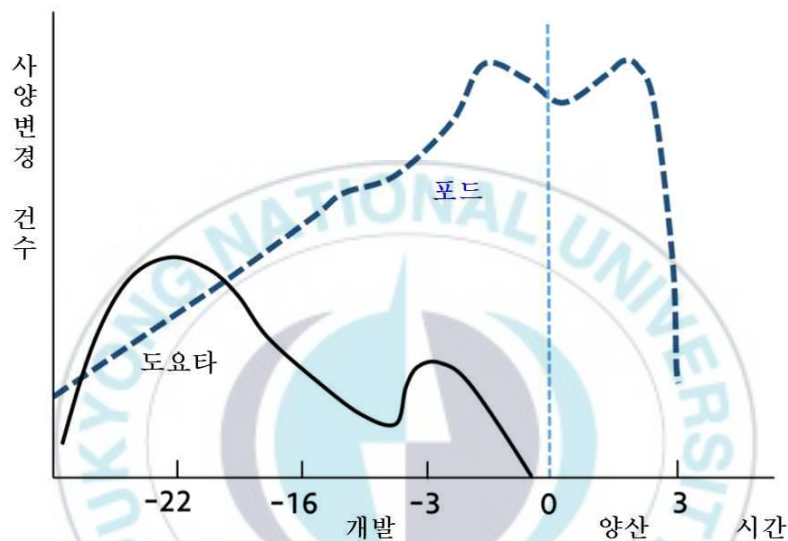
(1) APQP(Advanced Products Quality Planning, 사전 제품 품질 계획) 프로세스

(가) APQP 배경과 프로세스 5가지 단계

제품이 생산되어 출시하기 전에 제품에 대한 품질을 확보할 수 있는 개발 계획을 수립하여 고객이 요구하는 제품의 품질, 비용, 납기를 맞출 수 있도록 기획한 것이다. APQP가 탄생하게 된 배경을 보면 1994년 8월 미국의 빅3(GM, Ford, Chrysler)가 자동차 부품 품질을 위해서 만들어 빅3사에 거래하는 부품업체에 적용한 품질인증 시스템이다(배문형, 2015). 1970년대에는 오일쇼크가 일어나게 되고 이 시점에 일본의 완성차 회사의 경쟁력이 미국 시장에서 빅3를 앞서게 되고, 미국 내 일본 자동차의 시장 점유율이 30~40%를 넘게 되었으며 미국의 빅3 완성차는 일본 자동차 업체의 경쟁력에 관한 조사를 하였다. 조사를 진행한 후에 나온 보고서가 Lean Production 이라고 하는 도요타 연구 보고서이다. 당시에 포드자동차의 개발 기간 중 사양변경 추이를 도요타와 비교하면 <그림 2-2>와 같다. 사양의 변경은 고객이 요구사항을 만족시키기 위해서 설계도면을 변경한 것으로 <그림 2-2>의 그래프는 품질 추이와 유사하다고 판단할 수 있다. 그래프를 보게 되면 포드 자동차의 품질문제는 양산 시작 전·후 3개월 기간 범위에서

가장 많이 발생한다는 것을 알 수가 있다. 반면에 도요타가 자동차를 개발해 진행하는 과정을 보게 되면 양산 시기가 아닌, 훨씬 앞 단계에서 해결해 간다는 것을 알 수가 있다. 이런 부분이 일본 자동차 기업의 경쟁력이라고 볼 수 있다.

<그림 2-2> 신제품 개발 기간중 사양변경 건수 추이



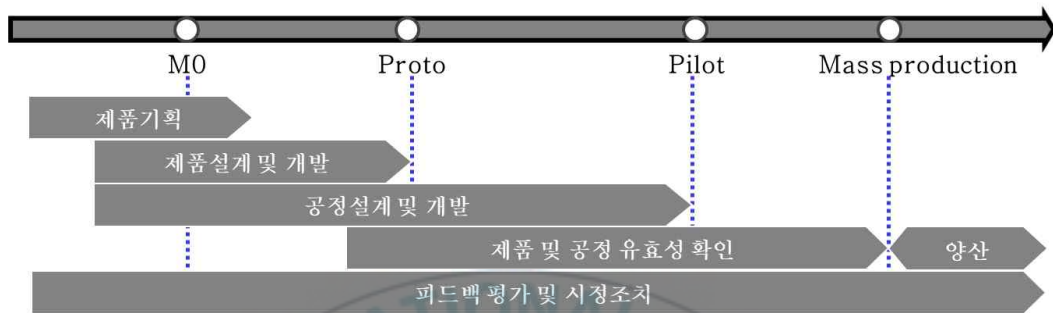
출처: 배문형 (2005), 전동진 (2019)

따라서 빅3는 AIAG(Automotive Industrial Action Group)라는 자동차 전문 컨설팅그룹에 문제해결을 의뢰하고 AIAG는 이 문제의 해결 방안을 찾게 된다. 그 결과 1980년대 초반에 AIAG는 APQP라고 하는 예방 품질 확보를 위한 신제품 개발 프로세스를 만들게 되고, 이를 중심으로 하는 품질경영 시스템을 다시 규정하게 된다. 이것이 QS9000 품질시스템이다. 미국 자동차 기업에서는 모든 부품 공급회사에 대해 QS9000을 활용해 APQP를 할 수 있는 납품업체로서의 예방 품질 능력을 소유할 수 있도록 유도한 것이다. APQP는 AIAG에서 PPAP(Production Part Approval

Process, 생산부품 승인 프로세스), FMEA(Failure Mode and Effects Analysis, 고장모드 및 영향분석), MSA(Measurement System Analysis, 측정 시스템 분석) 그리고 Control Plan과 같은 코어 요소에 대한 매뉴얼에 따라 지도하고 있다. APQP의 핵심 요소는 독립형 원칙 또는 절차로 발전했다. 첫째, FMEA(Failure Mode and Effects Analysis, 고장모드 및 영향 분석)는 1940년대 후반 2차 세계 대전 직후 미군이 개발한 절차로 시작되었다. NASA는 1960년대 초 이 도구를 적극적으로 도입하여 많은 협력사가 FMEA 도구를 사용하였다. NASA는 FMEA를 Apollo, Apollo Lunar Module, Viking, Voyager, Galileo, Magellan 및 Skylab 프로젝트에 적용하였다. 둘째는 PDCA(Plan-Do-Check-Action)와 같은 1950년대 W. Edwards Deming이 만든 품질 계획의 원칙이 있다. 셋째는 Shewhart가 1920년대 초 Bell Laboratories에 근무하는 동안 개발한 Statistical Process Control이다. 통계 프로세스 제어의 기초로 Shewhart는 Control Chart라는 도구와 통계 제어 상태 개념을 사용했다. 통계 제어의 개념은 그의 저서 Logic, Part III : The Logical Foundations of Science에서 교환의 개념인 논리 학자 William Ernest Johnson이 개발한 유사한 개념을 기반으로 하였다(Titu et al., 2019). APQP의 주요 내용은 신규 제품 개발 프로세스를 통해서 고객이 원하는 사항들, 즉 고객을 만족시킬 수 있도록 <그림 2-3>과 같이 5단계의 기본구조를 갖는다. 1단계는 제품 기획단계이며, 2단계는 제품 설계 및 개발, 3단계 공정 설계 및 개발 단계, 4단계 제품 및 공정 유효성 확인 단계 그리고 5단계 양산 단계로 되어 있다. 즉 고객을 만족시킬 수 있는 제품을 보장하기 위해 필요한 프로세스 및 단계를 정의하고 필요한 활동들을 수립하는 구체화된 방법이다. <표 2-1>은 5단계의 단계별 48가지의 활동요소로 세분화되어 있다. APQP의 이점은 고객을 만족시키기 위한 자원을 제공하며, 예상되는 변경의 조기 파악을 증진하며 때늦은

변경을 방지하여 최소한의 비용으로 적기에 양질의 제품을 공급함에 있다
(한국품질환경인정협회, 2008).

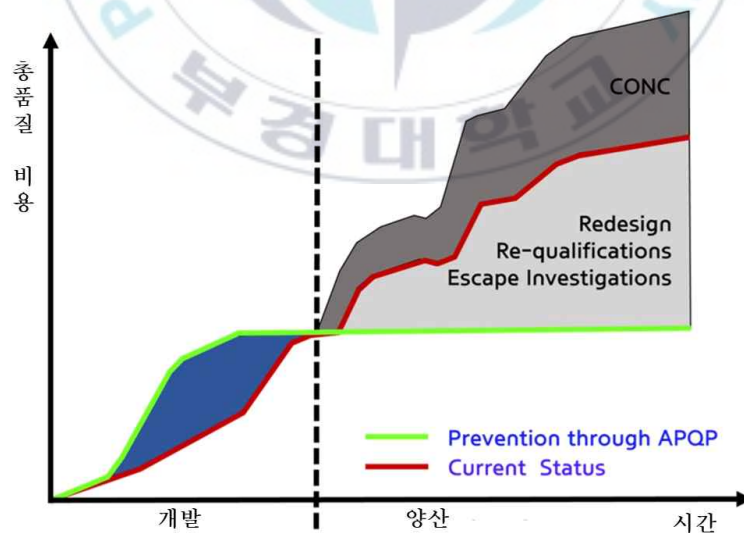
<그림 2-3> APQP 다섯 단계



출처: 한국품질환경인정협회 (2008)

또한 총 품질비용 관련 Eaton의 APQP에 따르면 <그림 2-4>와 같이
녹색으로 표시된 APQP의 품질비용 효과를 보여 준다.

<그림 2-4> 신제품 개발 기간중 총품질 비용



출처: Eaton, APQP (2014)

〈표 2-1〉 APQP 주요 활동요소

항목	활동요소	항목	활동요소
프로 그램 계획 및 정의	-고객의 소리 -사업계획 & 마케팅 전략 -제품, 공정 벤치마킹 자료 -제품/공정 가정 -제품 신뢰성 연구 -고객 입력물 -설계 목표 -신뢰성 및 품질목표 -예비자재 수급서 -예비공정 흐름도 -특별제품/공정특성 예비목록 -제품보증계획 -경영자 지원	공정 설계 및 개발	-포장 규격 -제품/공정품질 시스템 검토 -공정흐름도 -공정배치도 -특성 매트릭스 -공정 FMEA(PFMEA) -양산 관리계획서 -공정지침서 -측정시스템 분석 -초기 공정능력 조사계획 -포장사양
	-설계 FMEA(DFMEA) -조립성/제조성을 위한 설계 -설계 검증 -설계 검토 -시작품 제작 관리계획서 -엔지니어링 도면 -기술 시방서 -재료 시방서 -도면 및 시방서 변경 -신장비,치공구/설비 요구사항 -특별특성 및 공정 특성 -게이지/시험장비 요구사항	제품 및 공정 유효성 확인	-중요한 양산가동 -측정시스템 분석 -초기 공정능력 조사 -양산부품 승인 -양산 실현성 확인 시험 -포장평가 -양산 관리 계획서
제품 설계 및 개발		피드백 평가 및 시정 조치	-감소된 산포 -고객 만족 -인도 및 서비스 -지속적 개선 -최종완료보고

출처: 전동진 (2019)

(나) 현대자동차의 APQP와 PSO⁶⁾ 프로세스

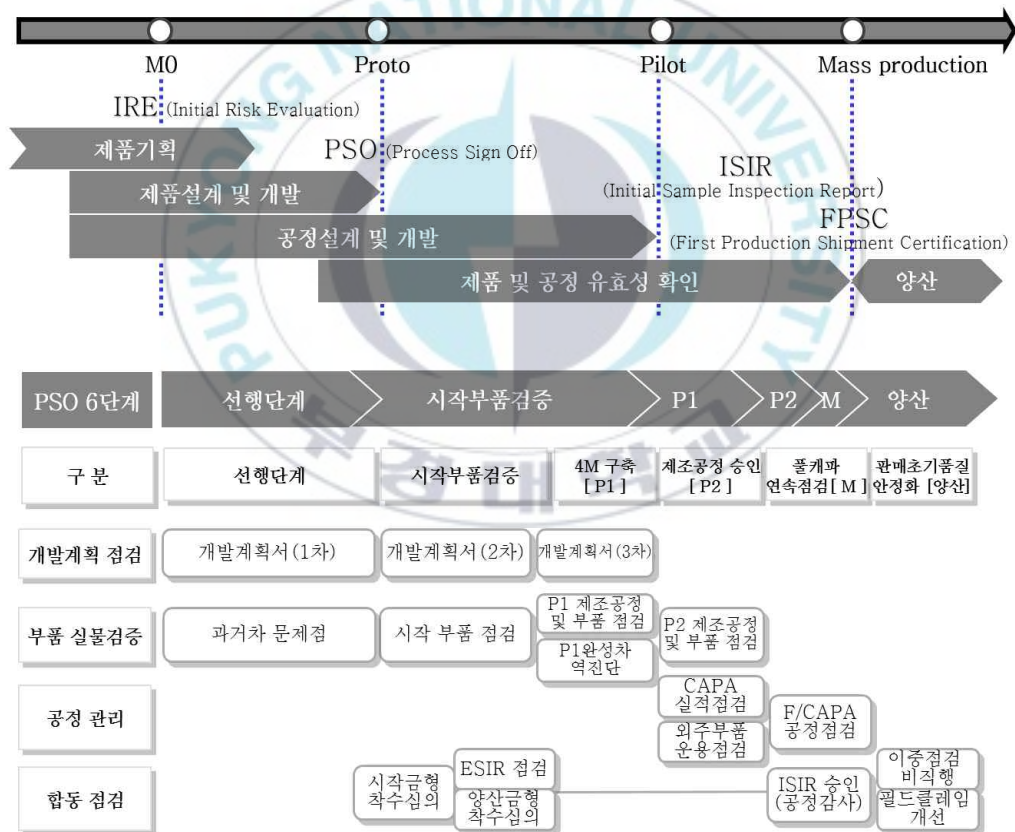
자동차 신제품 개발은 복잡하여 완성차마다 개발형태가 조금씩 다르다. 현대자동차의 APQP 프로세스는 <그림 2-5>와 같이 기획단계, 설계단계, 시작단계, 파일럿단계, 시험양산단계 그리고 양산단계로 구분된다. 그리고 현대자동차에서는 부품업체의 신제품 개발활동을 보다 효과적으로 운영할 수 있도록 PSO 6단계의 업무와 Pilot, ISIR(Initial Sample Inspection Report, 자동차 양산승인 활동), 공정감사, FPSC(First Production Shipment Certification, 선행양산 활동), 양산초기의 공정관리를 순차적으로 진행함으로써 부품개발과정에서 부품업체의 초기 품질확보를 추구하고 있다(윤창수, 2007). 그리고 부품개발 프로세스로서 PSO 6단계는 17항목이며, 6단계의 순서는 선행, 시작, P1, P2, M, 양산의 순으로 이루어져 있으며, <그림 2-5>와 같이 각 단계별 활동은 다음과 같다.

첫째, 선행단계는 협력사 내부 과거차 문제 마스터 리스트, 도면반영 여부점검 및 양산 중요 필드 클레임 도면반영 여부점검, 업체선정 시점 부품마스터 계획 수립 및 점검활동 등이 있다. 둘째, 시작부품검증단계는 시작부품 개발현황 및 문제여부, 시작부품 분해분석점검, ESIR 시험 준비 점검 및 시험결과 확인, 양산금형의 착수시점, 구체적 개발 계획수립 확인, 양산금형 부품개발 일정 수립 및 Pilot 대응문제점 검토 등이 있다. 셋째, P1단계는 P1부품 분해분석 점검, P1 제조공정 관리계획서 대비 공정 구축 점검, P1전 양산준비 계획수립, 협력사 Pilot 인라인 조립단계 참여 및 단품점검 활동 등이 있다. 넷째, P2 단계는 P2 제조공정 Full tool 조건 최종 구성여부 실시점검, P2 투입전 부품점검, 협력사 부품 제조

6) PSO(Process Sign Off, 신차 부품개발 품질확보 프로세스)는 H사에서 2001년 정립하여 협력사의 부품개발 과정 및 일정관리, 부품 제조공정 승인 그리고 공급능력 점검 및 초도품 승인 관리를 통하여 좋은 품질의 부품을 확보하기 위한 프로세스이다. 2016년 3차 개정으로 6단계 프로세스이다.

공정 생산 CAPA 및 UPH 확보실적 점검, 완성차의 Line 생산 CAPA, UPH 기준 과부족 점검 및 외주부품 물류한계 적정성 점검활동 등이 있다. 다섯째, M단계는 품질주관 공정감사 참여결과 확인 및 협력사 생산라인 8시간 완전 생산량인 Full CAPA 공정점검 등이 있다. 여섯째, 양산단계는 양산초기 생산공장 이중점검, 비 직행 발생문제점, 개선활동 실시, 양산 초기 필드 클레임 개선 활동 실시 결과와 필드 클레임 문제 내용 및 개선 대책 결과 입력점검 활동 등이 있다(전동진, 2019).

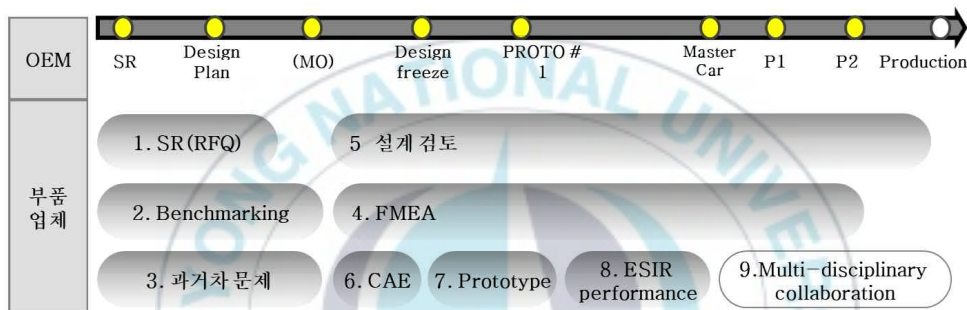
<그림 2-5> 현대자동차의 APQP와 PSO 관계



출처: 전동진 (2019) 재사용 및 연구자 수정

완성차 업체에서 제품 사양이 확정됨에 따라 <그림 2-5>와 같이 부품 업체에서 관련 부품개발이 진행된다. 부품개발은 크게 연구개발과 양산개발로 구분되고 연구개발에는 기획단계, 설계단계, 시작단계가 있다. 완성차에서는 APQP 프로세스와 PSO 단계를 바탕으로 부품업체 연구개발부문 즉 기획단계, 설계단계, 시작단계에 대해서 효율적이고 효과적으로 협업하기 위하여 <그림 2-6>과 같이 여덟⁷⁾ 가지 활동 가이드를 제시하고 있다.

<그림 2-6> 연구개발의 핵심활동 요소



출처: 현대자동차 연구개발 자료 재사용 및 연구자 수정

설계단계에서 프론트로딩을 반영한 여섯 가지 핵심활동 요소는 다음과 같다. 첫째, SR (Sourcing of Requirements)은 완성차의 차종개발 수행에 필요한 요구사항을 체계적으로 정리하여 제시함으로써 제안서를 작성하는 데 도움을 주는 문서이다. 둘째, 벤치마킹은 측정의 기준이 되는 대상을 설정하고 그 대상과 비교 분석을 통해 장점을 따라 배우는 행위를 말한다. 셋째, 과거차 문제(Problems of past project)는 이전 프로젝트에서 밝혀진 문제로 이전 차종개발 시 발생하는 주요 품질 문제점이나, 개발 이후 양산 시점에 발생하는 주요 품질 문제점으로 정의한다. 넷째, FMEA는 제품의

7) 연구개발 영역에는 SR, 벤치마킹, 과거차 문제, 설계 검토, FMEA, CAE, 시작품개발, ESIR(Engineering Sample Inspection Report, 시작품 검사 보고서)이다.

잠재 고장 및 그 영향을 파악하고 잠재 고장의 발생 기회를 해소하거나 감소시킬 목적으로 사용되는 분석적 기법이다. 다섯째, 설계 검토(Design Review)는 품질요구사항을 충족시키는 능력을 평가하고 문제점을 식별하고 해결책을 제안하기 위한 활동으로 설계에 대한 양식화되고 체계적인 조사이다. 여섯째, CAE(Computer Aided Engineering, 전산해석)는 연구개발 연구원을 위한 컴퓨터 기술을 활용하여 제품의 설계, 제조 및 공정 설계를 사전 검토 지원을 하는 것으로 컴퓨터 지원 공학이라고도 불린다. 일곱째, Prototype(시작품 개발)은 도면 출도 이후 시작부품 공급일정 준수를 위한 연간 제작계획 및 기능/성능 검사 프로세스를 표준화 함으로써 품질 확인된 시작부품을 안정적으로 공급할 수 있는 관리체계 확보 및 양산성 조기확보를 위해 시작부품 제작, 품질검사 체계 구축상태와 운영 실태를 확인한다. 여덟째, ESIR(Engineering Sample Inspection Report, 시작품 검사 보고서)은 설계도면에 의거 제작된 시작품의 기능, 성능, 내구력 만족 여부를 시험을 통해 신뢰성 확인하는 과정으로서 시작차 조립을 위해 제작된 부품을 공급하는 부품업체는 ES시험을 실시하여 그 결과를 시험성적서를 제출하고 완성차에서는 중요부품에 대해서 현장 실사를 실시하고 ES시험성적서를 확인한다. 여덟 가지 활동에 대해서 <표 2-2>와 같이 각 핵심활동 요소에 중요도를 부여하였다.

<표 2-2> 연구개발의 핵심활동 요소의 중요도

순번	활동 요소	중요도	우선 순위
1	SR	0.10	8
2	벤치마킹	0.15	7
3	과거차 문제	0.20	4
4	FMEA	0.30	2
5	설계 검토	0.35	1
6	CAE	0.20	4
7	Prototype	0.20	4
8	ESIR	0.30	2

(2) NPI(New Product Introduction, 신제품 출시) 프로세스

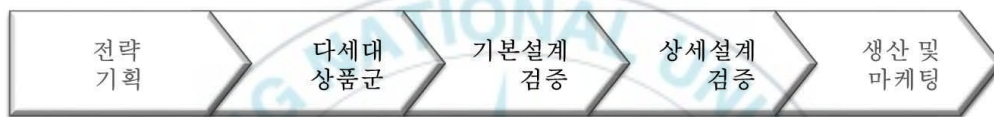
NPI는 성공적인 제품을 만들어 출시하기 위해서 개발된 프로세스이다. GE(General Electric)의 NPI가 탄생하게 된 배경을 보면 GE사에서 1990년대 세계 우량기업 60여 곳을 벤치마킹하여 개발한 프로세스가 NPI이다. 대표적인 벤치마킹 회사는 모토로라의 적기출시, 규격명확화, 제록스의 재활용, Intel · Sony · HP의 다세대 프로젝트계획(MGPP), 3M의 생명력 지수, 폭스바겐의 단순화 그리고 히타치의 조립을 위한 설계 등 우량 기업들이 가지고 있는 강점들이다(이준섭·조재립, 1999). NPI는 고객을 우선시하는 마케팅 분야에 중점을 두어 개발한 것으로 개발 이후 다년간의 실행과 수정을 통해 혁신적인 신제품 개발 프로세스로 발전되었다. 현재 국내에서는 LG와 삼성 등이 벤치마킹하여 사용하고 있으며, 지금까지 많은 성공 사례 성과를 보여주고 있다(이준섭·조재립, 1999; 이용표, 2005; 전혁, 2010).

NPI 프로세스에는 다른 신제품 개발 프로세스와는 몇 가지 다른 특징이 있다. 첫째, 초기 상품 기획 단계부터 제품 판매 단계까지 Co-Location을 운영한다는 것이다. NPI 프로세스는 기업 내 다양한 부문이 공동으로 참여하는 다기능을 구축하여 운영하고 있다. 둘째, 제품개발 단계마다 시스템으로 제품의 성공 가능성에 대하여 정량으로 평가를 수행하는 검토 절차가 있다. 이는 각 단계의 완성도를 검토하여 진행 여부를 결정하는 의사결정 회의체로서 다른 일반적인 신제품 개발 프로세스 내에도 존재하는 검토와는 다르게 NPI 프로세스의 검토는 매 단계 완료 시에서 다음 단계로 넘어가는 과정에 행해지는 활동으로 프로세스 과정의 사업성 검토이다. 셋째, MGPP(Multi-Generation Production Plan, 다세대 상품군 기획)로서 고객의 요구를 세대별로 구분하여 개발함으로써 경쟁의 위협, 기술적인 기회, 법률 규제 등 시장의 흐름에 적합한 신제품을 개발 가능하다는 것이다. MGPP에서는 연속되는 파생제품을 개발할 수 있는 기본 플랫폼 설계가 중요하다.

넷째, Smart Simple Design으로 제품의 목표지향, 부품수 축소, 부품의 표준화, 공용화, 재사용 그리고 DFM을 중시하였다(이준섭·조재립, 1999).

GE의 NPI 프로세스는 <그림 2-7>과 같이 5단계로 전략기획, 다세대 상품군 기획, 기본설계 검증, 상세설계 검증 그리고 생산 및 마케팅 단계로 되어 있다(이용표, 2005). 1~3단계는 기획단계, 4~5단계는 상업화 단계로 기획단계, 상업화 단계로 구분하고 있다. <표 2-3>는 5단계의 단계별 주요 활동요소를 정리하였다.

<그림 2-7> GE-NPI 프로세스



출처: 이용표 (2005)

〈표 2-3〉 GE-NPI 주요 활동요소

항목	활동요소	항목	활동요소
전략 기획	-시장 Macro/Micro 분석 -경쟁사 Benchmarking -S.T.P 분석 -Product Definition -기반/제품/공정기술분석 -KPI 분석/성숙도 평가 -VOC/QFD -Kano Model -ACE Matrix -Value Curve -MGPP -DFM -Risk Assessment	설계 (기본) 검증	-Design Guide Rule -Benchmarking -FA/DFA -FMEA -Pugh Matrix -TRIZ -DOE -Robust Design -CAE/FDM -간이 자동화 -DR Check List -Risk Assessment
	-VOC/QFD -경쟁사/Benchmarking -Kano Model -ACE Matrix -Value Curve -Pugh's Concept -Target Costing -FCA/DFM -COPQ/FMEA -DFSCM/SC Matrix -Design Assessment -Product Definition	설계 (상세) 검증	-FGI -Simulation -허용치 설계 -FDM -TRIZ -SCM 설계 -Layout 설계 -재고 Modeling -유통 채널 설계 -4P Plan
다세 대 상품 군 기획		생산 및 MKT 'G	-SCM Deployment -Postponement -Tolerance Design -SPC -Fool Proof -6 시그마 -Project Evaluation

출처: 이용표 (2005) 재사용 및 연구자 수정

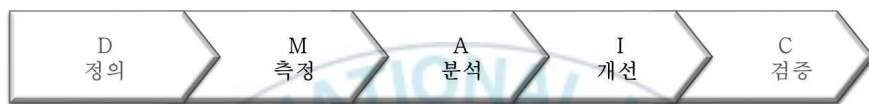
(3) DFSS(Design for Six Sigma, 식스 시그마 설계) 프로세스

DFSS는 초기 처음부터 설계품질의 완성도를 높이는 것이 제품의 식스 시그마 품질수준을 확보할 수 있다는 GE에서 개발된 방법론이다. Creveling(2005)이 정의한 DFSS는 식스 시그마 성능을 새로운 제품, 서비스 또는 프로세스의 초기 설계에 구축하기 위한 사전 접근 방식이다. 이는 엔지니어링 활동요소를 사용하고 제품개발 수명주기에 대한 교육을 통해서 고객의 기대를 뛰어넘는 새로운 식스 시그마 품질의 제품을 설계하기 위한 체계적인 방법론이다.

식스 시그마는 언어 의미로 그리스 문자 시그마는 통계학 용어로서 표준편차를 의미한다. 식스 시그마의 가장 큰 장점은 다양한 산업에 적용 가능하다는 것이다. 개선 대상이 프로세스이기 때문에 프로세스를 통해 이루어지는 모든 활동에 적용 가능한 장점이 있다. 초기 식스 시그마 활동은 3P(Right Product, Right People, Right Process)를 중심으로 전개되었는데, 3P는 식스 시그마를 성공으로 추진하기 위한 중요한 요소들이다. Right Product는 기업의 전략과 연계하여 해결해야 하는 Critical to Quality (CTQ)를 선정하고 선정된 CTQ를 해결하기 위하여 올바른 프로젝트를 도출하는 것을 말한다. Right People은 문제해결을 위한 올바른 인력을 선정하여 BB(Black Belt), GB(Green Belt)와 같은 식스 시그마 교육 과정을 통하여 사내 전문가로 양성하는 것이며, Right Process는 올바른 문제해결 프로세스로 문제에 의한 정의, 측정, 분석, 개선을 통하여 CTQ를 해결하고 개선된 상태를 유지하는 것을 말한다(이강균, 2004). 1987년 모토롤라에서 시작된 식스 시그마 활동은 마이클 해리와 GE의 프로세스 개선을 통해서 세계적으로 적용이 확산되었다. 국내에서는 한국중공업, LG전자와 삼성SDI가 1996년과 1997년에 도입하고, 현재는 LG그룹, 삼성그룹, 현대자동차그룹, 포스코 등 국내 여러 기업들이 식스 시그마를 도입하여 큰 성과를

내고 있다(윤재욱 외, 2008). 식스 시그마는 제조 부문의 품질 혁신이 목표다. 모토롤라에서 개발된 원래 식스 시그마 방법론은 MAIC(Measure-Analyze-Improve-Control)이다. 후에 MAIC 프로세스 대신에 DMAIC(Define-Measure-Analyze-Improve-Control)가 GE에서 D(정의)를 보완하였다. <그림 2-8>과 같이 DMAIC은 주로 제조 분야에서 문제해결 프로세스로 사용되고 있다(Soderborg, 2004).

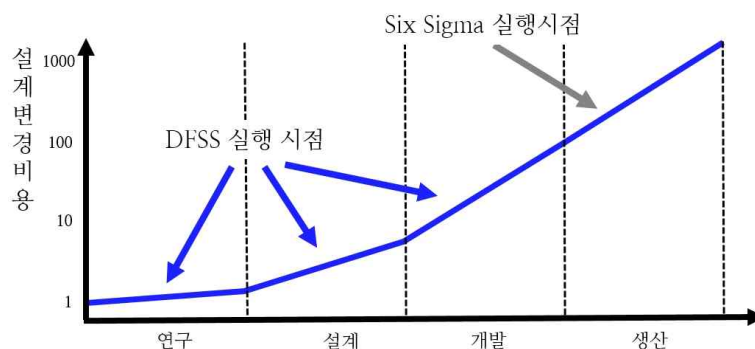
<그림 2-8> 식스 시그마 프로세스



출처: 이강균 (2004)

식스 시그마는 시간이 지나면서 활동의 대상이 사무 간접 영역과 연구개발 영역에까지 확대되었다. 발생한 문제를 해결하는 것뿐만 아니라 예상하여 발생할 문제를 사전에 해결할 강능한 새로운 프로세스가 필요하게 된 것이다. <그림 2-9>은 생산 단계에서의 설계 변경 비용이 연구와 설계단계에서의 설계 변경 비용보다 약 1,000배 높다는 것을 보여준다(Kiemele, 2003).

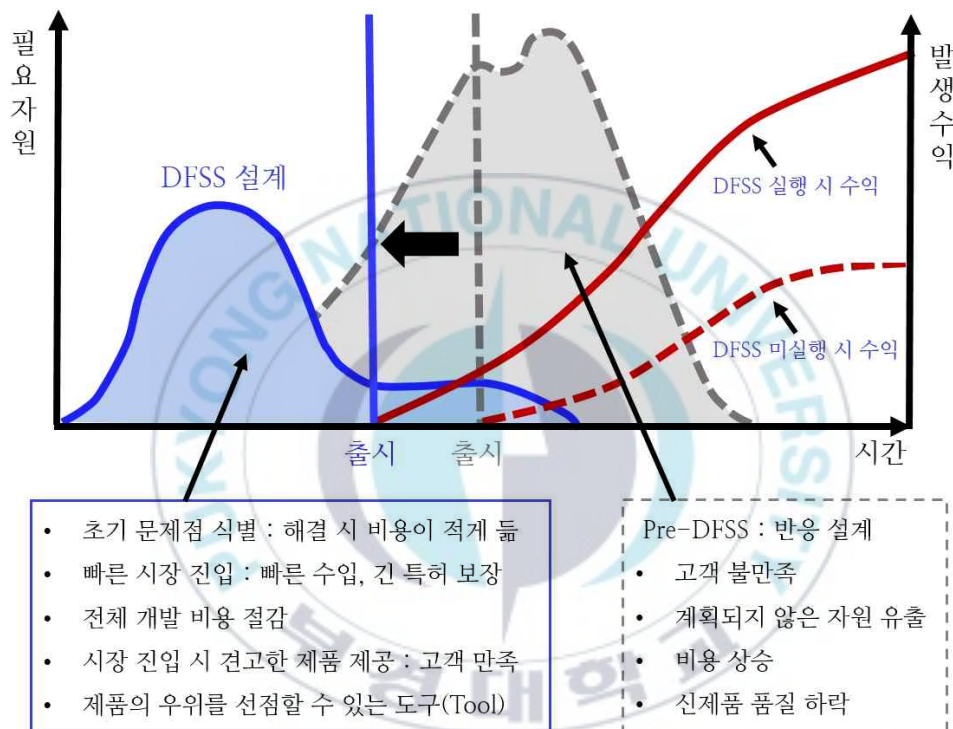
<그림 2-9> 신제품 개발 기간중 설계변경 비용



출처: Kiemele (2003)

또한 <그림 2-10>은 DFSS가 양산 후 설계 변경 횟수를 크게 줄일 수 있고, 개발 일정 단축, 전체 개발 비용 절감 그리고 DFSS 기회의 여러 가지 장점을 보여준다(Kiemele, 2003).

<그림 2-10> DFSS의 기회



출처: Kiemele (2003)

DFSS의 목적은 고객 요구를 만족하거나 뛰어넘는 제품 혹은 서비스를 설계하는 것이다(Patil et al., 2013). 이에 따른 세부적인 목표는 자원을 능률적으로 사용하는 것과 복잡성 상관없이 높은 수익을 낳는 것이다.

다음은 GE, 포드자동차, 현대자동차의 DFSS 프로세스를 살펴보려 한다.

(가) GE DFSS 프로세스

GE의 DFSS 프로세스는 <그림 2-11>과 같이 DMADV(Define-Measure-Analyze-Design-Verify)와 IDOV(Identify-Design-Optimize-Validate)가 있다. DMADV는 고객의 요구사항이나 경쟁사보다 높은 품질을 위한 재설계 시 주로 사용되고, IDOV는 연구개발단계에서 신제품 개발 시 사용한다(Banuelas & Antony, 2004).

DMADV 프로세스의 단계는 다음과 같다.

D(Define, 정의) 단계는 초기 범위를 정의하고, 프로젝트에 관한 계획을 수행한다.

M(Measure, 측정) 단계는 기술 요구 사항이나 고객 요구 사항을 조사, 분석하고 구체화하여 CTQ를 인식한다.

A(Analyze, 분석) 단계는 Design Concept을 정의한다.

D(Design, 설계) 단계는 설계를 상세하게 개발한다.

V(Verify, 검증) 단계는 설계가 적절한지를 검증하는 단계이다. 설계된 제품의 시험을 통한 품질 확인, 상위 시스템과의 인터페이스 문제 및 양산성에 대한 검증을 실시하는 단계라 할 수 있다.

IDOV 프로세스의 단계는 다음과 같다.

I(Identify, 확인) 단계는 기술 요구 사항이나 고객 요구 사항을 조사, 분석하고 구체화하여 CTQ를 인식한다. 그리고 품질 목표 즉, 개선해야 할 부분을 설정한다. 또한 측정 시스템 능력에 대한 검증도 수행되어야 한다.

D(Design, 설계) 단계는 CTQ를 품질 특성치로 변환하는 시스템을 설계하고 CTQ의 품질 특성치에 영향을 미치는 주요한 설계 파라미터를 선정한다.

O(Optimize, 최적화) 단계는 직교 배열표 실험, 파라미터 설계 실험, 다구짜 실험 등의 방법을 통해서 파라미터를 설계하고 최적 조건이 무엇인지 찾아내고 확인하는 실험을 한다. 또한 허용차 설계를 실시하고 요구 품질의

제조규격을 설정하게 된다.

V(Verify, 검증) 단계는 설계가 적합성을 검증하는 단계이다. 재현성과 반복성에 대한 확인, 실험하고, 산포를 파악하고 품질 목표가 달성되었는지 검토한다. 그렇지 않다면 설계단계부터 다시 시작한다. 반대로 품질 목표에 달성했다면, 신뢰성을 평가해 본다.

<그림 2-11> GE-DFSS 프로세스

D 정의	초기 범위를 정의하고, 프로젝트에 관한 계획 수립.
M 측정	기술 요구 사항이나 고객 요구 사항을 조사, 분석하고 구체화하여 CTQ를 인식.
A 분석	Design Concept을 정의.
D 설계	설계가 적절한지를 검증.
V 검증	설계된 제품의 시험을 통한 품질 확인, 상위 시스템과의 인터페이스 문제 및 양산성에 대한 검증을 실시.
I 확인	기술 요구 사항이나 고객 요구 사항을 조사, 분석하고 구체화하여 CTQ를 인식
D 설계	CTQ를 품질 특성치로 변환하는 시스템을 설계하고 CTQ의 품질 특성치에 영향을 미치는 주요한 설계 파라미터를 선정.
O 최적화	직교 배열표 실험, 파라미터 설계 실험, 다구짜 실험 등의 방법을 통해서 파라미터를 설계하고 최적 조건 찾고 확인하는 실험.
V 검증	설계가 적합성을 검증.

출처: Banuelas & Antony (2004)

(나) 포드자동차 DFSS 프로세스

포드자동차 DFSS 프로세스는 <그림 2-12>와 같이 DCOV(Define-Characterize-Optimize-Verify) 4단계 프로세스를 가진다(Soderborg, 2004).

D(Define, 정의) 단계는 불안한 계획이나 불충분한 요구사항으로 정의한다.

C(Characterize, 특성화) 단계는 불충분한 시스템과 설계부문 이해로 전달함수를 사용하는 제품성능의 특성(Characterization) 목표를 만족시키기 위한 평가에 도움이 된다.

O(Optimize, 최적화) 단계는 산포에 민감하거나 실수 방지를 위한 부품을 찾아내는 능력으로 전달함수의 적용을 통한 디자인의 최적화는 결함을 피하기 위해 상대 부품으로 정의한다.

V(Verify, 검증) 단계는 산포에 민감하거나 실수 방지를 위한 부품을 찾아내는 능력으로 전달함수의 적용을 통한 디자인의 최적화는 결함을 제거하는 과정이다.

<그림 2-12> 포드자동차 DFSS 프로세스

D 정의	불안한 계획이나 불충분한 요구 사항으로 정의.
C 특성화	불충분한 시스템과 설계부문 이해로 전달함수를 사용하는 제품성능의 특성 목표를 만족.
O 최적화	산포에 민감하거나 실수 방지를 위한 부품을 찾아내는 능력으로 전달함수의 적용을 통한 디자인의 최적화는 결함을 피하기 위해 상대 부품으로 정의.
V 검증	산포에 민감하거나 실수 방지를 위한 부품을 찾아내는 능력으로 전달함수의 적용을 통한 디자인의 최적화는 결함을 제거하기 위해 상대 부품으로 정의.

출처: Soderborg (2004)

(다) 현대자동차 DFSS 프로세스

현대자동차는 포드자동차가 주도되어 설립한 미국의 ASI 컨설팅사의 프로세스를 도입하였다. 그 과정에서 ASI 컨설팅사의 CTO 신 다구찌는 다구찌 방법의 창시자인 겐이치 다구찌 박사의 다구찌 기법을 강건 설계로 발전시켜 이를 식스 시그마에 적용해서 현대자동차에 제공했다(박종락, 2010).

현대자동차의 DFSS 프로세스는 <그림 2-13>과 같이 IDDOV(Identify Project-Define Customer Requirement-Develop Concept-Optimize Design-Verify) 5단계 프로세스이다(Furterer & Cudney, 2012).

I(Identify Project, 프로젝트 정의) 단계는 비즈니스 문제와 기회를 정의하여 프로젝트 계획을 수립하고 강한 실행력이 있는 팀을 구성하는 것이 중요하다.

D(Define Customer Requirement, 요구사항 정의) 단계는 요구사항에 대해서 상상적 이해를 개발하고 이를 회사 기준으로 변환하기 위해서 고객을 참여시킨다.

D(Develop Concept, 개념개발) 단계는 고객 만족을 위한 아직까지 없었던 개념설계를 도출한다

O(Optimize Design, 최적화) 단계는 실제 고객의 사용조건과 자연환경 아래에서 최저비용으로 품질과 신뢰성을 제공 가능한 제품과 프로세스를 최적화한다

V(Verify, 검증) 단계는 성공하는 제품과 서비스를 출시하기 위한 검증을 시행한다. <표 2-4>는 현대자동차 DFSS 프로세스 5단계의 단계별 주요 활동요소를 정리하였다.

<그림 2-13> 현대자동차 DFSS 프로세스

I프로젝트 정의	비즈니스 문제와 기회를 정의하여 프로젝트 계획을 수립하고 강한 실행력이 있는 팀을 구성.
D요구사항 정의	요구사항에 대해서 상상적 이해를 개발하고 이를 회사 기준으로 변환.
D개념 개발	고객 만족을 위한 아직까지 없었던 개념설계를 도출.
O 최적화	고객의 사용조건과 자연환경 하에서 최저비용으로 품질과 신뢰성을 제공 가능한 제품과 프로세스를 최적화.
V 검증	성공하는 제품과 서비스를 출시하기 위한 검증을 실시.

출처: 박종락 (2010)



〈표 2-4〉 현대자동차 DFSS 주요 활동요소

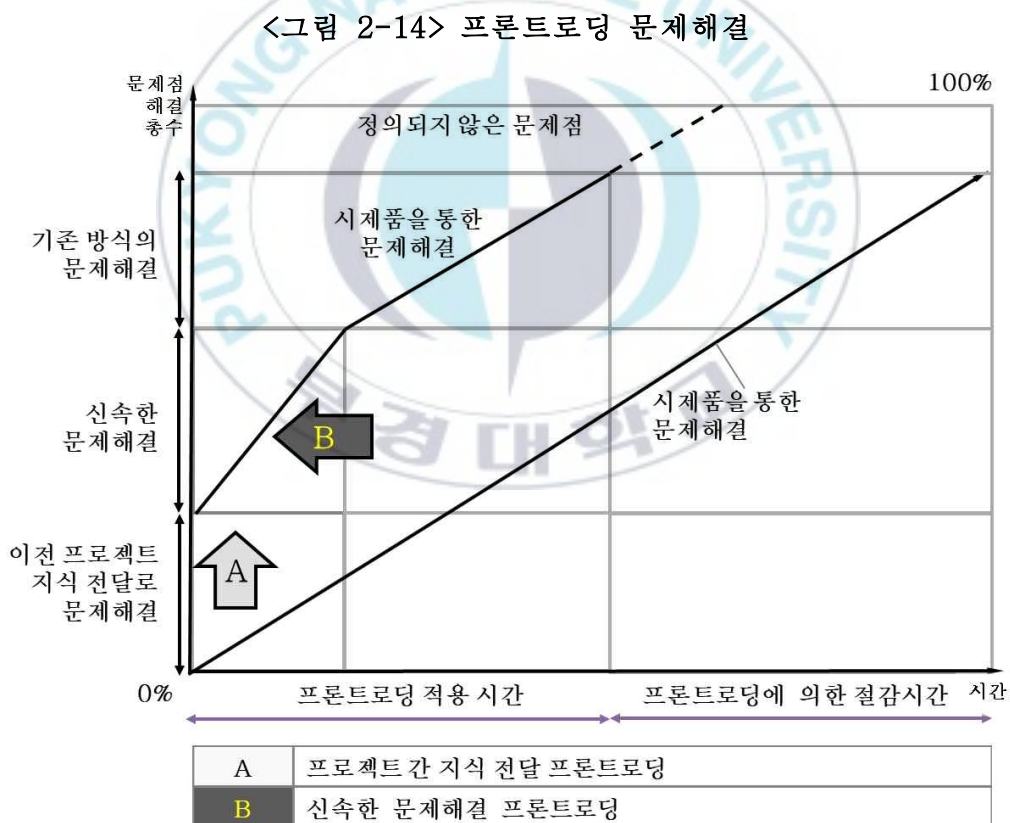
항목	활동요소	항목	활동요소
Identify Project 프로젝트 선정	-프로젝트 테마 뱅크 -프로젝트 추진 계획서 -역할과자문,책무,권한자문과 정보제공 (RRAACI) -계획, 일정, 예산 -Gantt/Pert Charts -WBS -위험관리도구	Optimize Concept 설계 최적화	-QFD-Ⅱ : Design Parameter와 허용차 -QFD-Ⅲ : Process Parameters -이상기능 -S/N비 -DOE/직교표 -2단계 최적화 -품질 손실 함수 -허용차 설계 -P-Diagrams -시뮬레이션과 분석 -분산분석(ANOVA)
Define Requirements 요구사항 정의	-QFD-I : 회사 기준 -Kano Model -고객요구를 선정 위한 전략 -Conjoint 분석/핵심구매요소 -연관도법 -Analytic Hierarchy -Target Costing	Verify and Launch 검증 및 출시	-QFD-Ⅳ : 품질관리 프로세스 -On-line 공정관리 -Gage R&R -장비검증/공정검증 -공정 Sheet 교육 -훈련 -출시준비 ·마케팅 브로셔 ·광고 ·영업/서비스 훈련 ·기술 Manual
Develop Concept 개념 개발	-Pugh 개념 도출 기법 -TRIZ -Pugh 종합 및 선정 기법 -FTA -FMEA -Process Mapping -창조적인 활동요소 조합 -DFM, DFA, DFS -가치분석/가치공학(VA/VE) -시스템 공학		

출처: Furterer & Cudney (2012) 재사용 및 연구자 수정

다. 프론트로딩 전략

신제품 개발 프로세스에 있어서 APQP 프로세스가 나타나게 되는 배경인 도요타의 제품개발 앞 단계에서 사양변경 건수 즉 품질문제 건수와 Eaton의 품질비용의 효과, NPI 프로세스는 설계단계보다 앞 단계인 기획과 마케팅을 강조 그리고 DFSS의 신제품 개발 초기단계의 설계변경 비용의 효과와 개발기간 단축 등은 신제품 개발 전체 프로세스 중에서 초기단계의 중요성을 지속적으로 보여주고 있다(배문형, 2005; 전동진, 2019; Eaton, APQP, 2014; Kiemele 2003). 실제로 사전 프로세스 활동들은 개발성가에 큰 영향을 미치는 한 가지이다(Takeuchi & Nonaka, 1986; Ulrich & Pearson, 1993; Verganti, 1997; Thomke, 1998; Thomke & Fujimoto, 2000; Morgan & Liker, 2006; Leon et al., 2013; Tuna & Windisch, 2014; Imai, 2017; Kulkarni et al., 2017). 신제품 개발 프로세스 과정 중에서 초기단계 즉 기획과 설계단계 활동을 강화하는 것을 프론트로딩 전략이다. 프론트로딩 전략의 정의는 2000년에 하버드대학의 Thomke 및 동경대학의 Fujimoto 교수가 처음으로 학술 논문에서 사용한 용어이다. 신제품 개발 프로세스의 문제점을 초기단계에, 가능하면 양산개발과 양산에서 발생하는 문제들을 사전에 더 적은 노력과 비용으로, 빨리 그리고 더 근본적으로 해결하는 전략을 말한다. 요약해서 말하자면 프론트로딩의 기본은 개발 초기 단계에 빠른 문제해결로 후기 실물 시작차 제작 횟수를 줄이고 전체적으로 개발의 효율성을 높이기 위하여 개발 기간 단축을 시도하는 것이다. 신제품 개발과 제품 사양을 정의 할 때 시장 요구를 이해하는데 있어서 초기단계에 발생하는 모든 결함을 발견하고 해결하지 못하면, 이후 단계에서 조정하는 것은 비용과 시간이 많이 소요되는 재 작업을 의미하기 때문이다. 초기 프로세스 단계의 중요성에 대해서 Ulrich & Pearson(1993)은 초기

설계단계 결정사항이 후기단계 비용의 80%에 영향을 미친다고 했으며, Imai(2017)에 의하면 일본의 ‘잃어버린 20년’이라는 장기적인 경기 침체에서도 12개의 자동차 회사는 경쟁력 확보를 위하여 원가 경쟁력, 생산성 향상, 규모의 경제 달성 등 세 가지를 추진하였으며, 이 세 가지 목표의 공통적으로 나타나는 주요 트렌드 중 하나가 프론트로딩 전략이다. 프론트로딩 전략은 제품개발에 있어서 외부에서 관찰이 불가능한 것으로 모방 가능성이 감소되고, 프로세스 초기단계의 활동을 통하여 수익성이 향상되는 보이지 않는 경쟁 전략이다.



출처: Thomke & Fujimoto (2000), 한석희 (2009)

프론트로딩 전략은 <그림 2-14>와 같이 전반에 집중적으로 투입해야 하는 빠른 문제해결 방법은 두 가지로 첫째, “A”는 프로젝트 간 지식 전달로 이전 프로젝트에서 밝혀진 문제 및 정보를 새로운 프로젝트로 이전함으로써 이전 프로젝트를 최대한 잘 활용하는 '지식 프론트로딩'이다. 과거차 문제와 설계 검토 등이 있다. 둘째, “B”는 신속한 문제해결로 개발 중에 문제가 확인되고 해결되는 전반적인 속도를 높이기 위해 첨단 기술과 방법을 활용하기로 '신속한 문제해결 프론트로딩'이다. 빠르게 문제해결 사이클을 제공하는 새로운 기술은 디지털기술을 활용하는 설계방식이나 컴퓨터 시뮬레이션이다. 자동차와 같은 복잡한 조립 제품은 컴퓨터 시뮬레이션으로 제품개발의 모든 문제를 해결하기 어려우므로 시작제품으로 마지막 검증이 필요하지만, 가능한 투자비가 많이 드는 시작제품의 전 단계에서 가능한 많은 문제를 해결함으로써 시작제품을 통한 문제해결 횟수를 줄여야 한다. 이러한 사례로 자동차 충돌 테스트에 대한 두 가지 접근법을 표현해 주고 있다. 첫째, 이전 프로젝트에서 문제별 정보를 전달하여 해결해야 할 총 문제 수를 줄이는 것이다. 예를 들어 소프트웨어 개발자에게 이전 프로젝트에서 발생한 문제에 대한 정보를 제공하는 결과 보고서가 있다. 과거 경험을 통한 체계적인 학습의 중요성은 여러 연구결과가 있다(Verganti, 1997). Tuna & Windisch(2014)은 공장 자동화 산업에 종사하는 회사의 2007년에서 2012년 사이에 추진한 53건의 신제품개발 프로젝트를 조사하였다. 보관되어있는 데이터베이스의 각 프로젝트 서버의 문서를 활용하여, 프론트로딩 활동 및 효율성 결과를 분석하였다. 성과가 높은 프로젝트 33건과 낮은 성과의 프로젝트 20건에 대해서 프로젝트 당 프론트로딩에 사용된 지식 소스의 평균 수량을 0에서 1로 기준하여 <그림 2-15>와 같이 고객의 지식, 설계 검토 지식, 과거 프로젝트 지식의 사용에 대해 비교하여 보여준다.

고객의 지식은 특정 고객과의 전자 메일 연락 및 고객 요구에 대한 참조와 같은 지표를 기반으로 하고, 설계 검토 지식은 3D 디지털 도면을 바탕으로 한 테스트이다. 그리고 과거 프로젝트 지식은 비슷한 문제를 해결한 프로젝트로부터 전달된 지식이다. <그림 2-15>의 결과를 보면, 낮은 성과 프로젝트보다 높은 성과 프로젝트는 설계 검토와 과거 프로젝트 지식이 16%와 21% 높게 사용한 것을 보여준다.

<그림 2-15> 프론트로딩에 활용된 지식 소스



출처: Tuna & Windisch(2014) 재인용 및 연구자 수정

둘째, 문제 식별 및 해결 속도를 높이기 위해 기술과 방법을 적용할 수 있다. 자동차 충돌 테스트의 경우 실물 프로토 타입을 제작하는데 시간이 많이 걸리는 프로세스는 충돌 테스트 비율과 문제해결이 제한적이다. 컴퓨터 지원 엔지니어링 도구를 사용하면 프로토 타입에 비해 훨씬 낮은 비용으로 더 높은 문제 해결로 충돌 테스트를 시뮬레이션 할 수 있다. <표 2-5>는

BMW 자동차 충돌성 검증 사례로 컴퓨터 시뮬레이션을 91번의 반복 작업 후 제작된 2대의 시작제품에 대한 소요시간과 비용에 대한 비교이다. 컴퓨터 시뮬레이션 소요시간은 6.3주이고 시작제품 충돌성 검증은 3.8~7개월로 많은 차이를 나타내고 있다. 또한, 비용에 있어서도 시작제품이 \$300,000 이상으로 6배 이상 높게 보여주고 있다(Thomke & Fujimoto, 2000).

<표 2-5> 컴퓨터 시뮬레이션과 시작제품 비교

컴퓨터 시뮬레이션		시작제품	
기술미팅	0.5 day	계획	2 weeks
데이터 준비와 메쉬작업	중요변경: 1 weeks 전체바다: 6 weeks	설계와 제작	유사모델: 3 months 새모델: 6 months
충돌 해석	1 day	충돌시험	1 weeks
후작업과 분석	0.5 day	데이터 준비와 분석	1 weeks
합계	6.3 weeks \$5,000 이하	합계	3.8 ~ 7 months \$300,000 이상

출처: Thomke & Fujimoto(2000) 재인용 및 연구자 수정

자동차의 충돌 안전 시험이 컴퓨터 시뮬레이션으로만 수행될 수 없다. 롤오버 충돌 시험 같은 경우에는 시뮬레이션으로 설계 문제를 파악하고 해결한 다음에 실제 시작 자동차 충돌 테스트로만 해결할 수 있다. 따라서 <그림 2-14>와 같이 신속한 문제해결 후 시제품을 통한 문제해결 즉 시뮬레이션 충돌 테스트의 시간 이후에, 추가적인 실물 프로토타입 충돌 테스트가 수행된다.

신제품 개발 전체 과정 중에서 초기단계의 중요성을 대표하는 프론트로딩

전략은 '지식 프론트로딩'과 '신속한 문제해결 프론트로딩'에 대한 정의와 적용사례를 살펴보았다. 본 연구에서는 신제품 개발에 있어서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소들을 도출하는 데 있다. 자동차 산업의 신제품의 유형은 파생제품, 개선제품 그리고 혁신제품으로 구분된다. 파생제품과 개선제품의 프론트로딩 핵심활동 요소는 내연기관 자동차의 전통적인 개발 프로세스인 APQP 프로세스의 다섯 가지 단계에서 활동요소 도출이 가능하다. 그러나 혁신제품은 파생제품과 다른 새로운 기능에 관한 예상문제와 복잡성 증가에 따른 다양한 문제 등을 식별하고 해결하기 위한 프론트로딩의 활동요소 도출에 새로운 접근방법을 개발할 필요성이 있다.



라. 시스템 완전성의 법칙

시스템 완전성의 법칙은 TRIZ⁸⁾의 8가지의 시스템 진화법칙의 한가지이다. 시스템 진화법칙은 76가지 표준해에 뿌리를 두고 있으며 76가지 표준해는 <표 2-6>와 같이 5가지 Class로 분류된다(김효준, 2004).

<표 2-6> TRIZ 76가지 표준해의 다섯 가지 분류

Class	세부내용
Class 1	기술시스템이 출현하면서 내부적으로 발생하는 유해한 작용을 어떻게 제거하는가에 초점.
Class 2	시장에 출현한 시스템이 어떻게 내부적으로 더 강해지고 효율성이 향상되어 진화되는지에 대해 초점.
Class 3	시스템이 어떻게 주변 환경요소와 잘 어우러져 강해지느냐에 초점
Class 4	시스템 발전과 더불어 동반되는 특정과 검출에 대한 문제의 해결책을 포함.
Class 5	Class 1~4에서 제시하는 해결책들이 실제로 적용함에 있어 도움 될 수 있는 나머지 방법들을 제시.

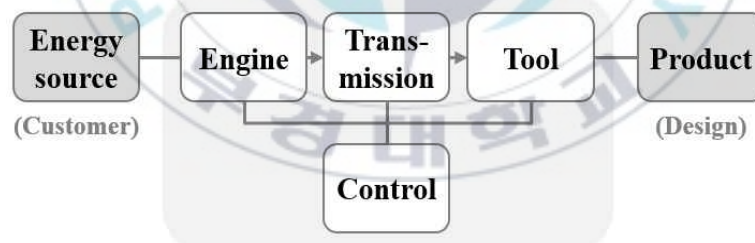
출처: 김효준 (2004)

Class 1~3에는 기술시스템 진화법칙과 연관성이 있으며, Class 1은 어떻게 시스템이 출현하고 내부적 유해한 작용들이 제거되어 안정적인 시스템으로 진화하는가를 나타낸다.

8) TRIZ는 러시아어 Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadach의 줄임말로 창의적 문제해결 이론을 의미한다. TRIZ는 러시아의 과학자 겐리히 알츠슐러(Genrich Altshuller)에 의해 연구되기 시작하여 현재까지도 연구와 개선을 통해 발전하고 있다. 알츠슐러는 1946년부터 1963년까지 20만 건의 특허를 분석하여 창의적 문제해결의 공통된 원리를 추출하였으며, 기술혁신은 기술의 분야와 시간을 넘어 유사한 패턴이 반복되고 있고, 특히 타 분야의 과학적, 공학적 기술과 원리를 활용할 때 일어나고 있음을 발견하였다.

시스템 완전성의 법칙을 이해하기 위해서는 기술시스템의 기능에 대해 알아야 한다. 모든 사물에는 특성이 있으며 하나의 사물은 다른 사물들과 구분될 수 있는 특성들을 많이 가지고 있다. TRIZ에서 어떤 사물의 기능이란 특정한 환경에서 선택되는 하나의 특성으로 정의되며, 사물 기능의 수는 여러 가지로 어느 한 기능을 지정하려면 특별한 환경을 지정해야 한다. 따라서 기능이란 시스템이 처한 상황에서 결정되는 많은 특성 중의 하나로 정의되고 있다. 즉, 기능을 정의하기 위해서는 시스템이 처한 상황을 파악하고 이러한 상황에서 주체와 객체를 구분해야 한다. 모든 시스템은 <그림 2-16>와 같이 작업을 수행할 수 있도록 하는 Engine, Transmission, Tool(Working unit), Control unit의 4가지 구성요소를 갖추고 있다. 모든 기술시스템은 기능이 규명된 상태에서 Product와 Tool이 인식되며, Engine과 Tool 사이에 동력을 전달하는 Transmission, 그리고 이를 조정할 수 있는 Control unit이 조합되어서 기술시스템이 구성된다(Bukhman, 2013).

<그림 2-16> 시스템의 구성



출처: Bukhman (2013)

마. Pugh Matrix

Pugh Matrix 방법은 개념과 인자를 선택하는데 주로 사용된다 (Creveling et al., 2003). Pugh Matrix는 첫째, 사용하기 쉽고, 둘째, 다양한 아이디어를 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다. 개발자인 Stuart Pugh는 여러 가지 아이디어 중에서 합리적인 결정을 내려야 할 때 이 방법을 사용할 수 있도록 고안했지만, Pugh Matrix를 통해 도출되는 결과의 질은 Pugh Matrix 사용자의 전문성 및 경험에 의해 결정되기에, 이러한 점을 사전에 숙지하여 사용하는 것이 바람직하다.

Pugh Matrix 프로세스는 비교 대상이 될 아이디어들이 결정된 상태에서, Pugh Matrix의 프로세스는 6단계로 구성된다.

1단계에서는 평가기준을 선정하고 명확하게 정의한다. 이상적인 평가기준이란 기업 내부 관계자와 같은 주요 관계자뿐 아니라 제품의 타겟이 되는 사용자 및 고객 모두를 반영해야 한다. Pugh Matrix 결과의 타당성은 적절한 평가기준 선정에 의해 결정된다고 할 수 있으며, 평가기준을 적절히 선정하지 못할 시, Pugh Matrix 결과의 타당성이 현저히 저하된다.

2단계에서는 하나의 아이디어를 'Datum'으로 선정하고, 모든 평가기준에 대해 Datum 아이디어의 점수를 'S'로 평가한다. 만약, 기존 아이디어에 대한 대안을 비교하는 경우라면, 성능이 잘 알려져 있는 기존 아이디어를 Datum으로 선정하는 것이 좋다.

3단계에서는 평가기준에 대해 각 아이디어들을 Datum과 비교하여 아래와 같은 방식으로 점수평가를 실시한다.

(S): Datum과 동등한 수준으로 충족

(+): Datum 보다 잘 충족

(-): Datum 보다 덜 충족

하지만 추가적인 수준이 필요할 시에는 수준을 추가하여 점수평가를

실시할 수도 있으며, 때론 1~5점 사이의 점수를 통해 점수평가를 실시할 수도 있다(Pugh, 2009).

(++): Datum 보다 더 잘 충족 (--) : Datum 보다 더 덜 충족

4단계에서는 각 아이디어의 평가점수를 합산하여 총점을 계산한다. 이 때 가장 높은 점수를 받은 아이디어가 최적 안으로 생각될 수 있지만, 최적 안을 결정할 때에는 전문지식 및 경험을 토대로 판단이 이루어져야 한다.

5단계에서는 각 아이디어들을 조합하여 혼합형 아이디어를 도출 가능하며, 이 과정을 통해 의사결정의 질을 향상시킬 수 있다.

6단계는 결정을 내리고 결정의 근거를 기록하는 과정이다. Pugh Matrix를 사용하는 경우 명확히 좋은 아이디어라 평가되는 경우가 발생하지만, 거기서 명확히 좋지 않은 아이디어로 평가되는 것이 있다. 이럴 때는 명확히 좋지 않은 아이디어를 제거하거나 평가기준에 가중치를 부여하여 차별화를 개선할 수 있다. 아직 확실한 아이디어가 없다면, 매트릭스는 기본적으로 선택권을 구별할 정보가 충분하지 않다고 말하고 있는 것이다. 이 경우 다음과 같은 것이 필요하다. 평가기준을 개선한다. 다른 아이디어 선택 방식을 사용한다. 더 많은 작업을 수행하여 옵션 중에서 선택할 수 있는 정보를 얻는다. <표 2-7>는 Pugh Matrix 평가 방법을 표준양식이다.

<표 2-7> Pugh Matrix 평가 방법

Pugh Matrix		Concept							
		Datum	A	B	C	D	E	F	G
Selection Criteria	Criteria 1								
	Criteria 2								
	Criteria 3								
	Criteria 4								
Result		+							
		-							
		GAP							

출처: Burge, (2009)

바. 계층분석방법

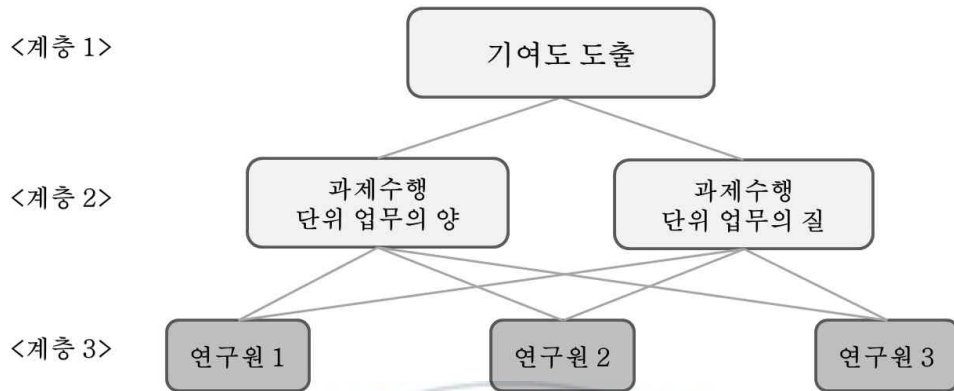
AHP 방법론은 1970년대에 Saaty에 의해서 개발되어 중요도와 우선순위를 도출하기 위한 방법으로 집단 의사결정 문제를 비롯하여 다양한 분야에서 사용되고 있다. 다중요인 의사결정 문제는 기본적으로 상충되는 다수의 기준에서 최적의 대안을 선택하는 것으로 AHP는 이와 같은 의사결정 문제를 해결하기 위한 분석의 기준을 제공해 준다(최선구, 1996). AHP 기법은 R&D 분야의 예비타당성 조사 및 기술의 가치평가, 정부나 국방의 정책결정 문제, 도시, 환경 등의 사회문제, 입지선정 문제 등 공공부문 및 민간부문을 포함하여 다양한 분야에서 폭넓게 적용되고 있는 의사결정 기법이다(이성곤 외, 2008). AHP는 ‘계층적 분석과정’ 또는 ‘분석적 계층화 과정’이라고도 불리며 평가요소의 구조화가 가능하다(허필우, 2019).

AHP의 이론적 배경은 다음에 설명하는 4가지 공리(axioms)로 설명된다. (조근태 외, 2003). 첫째는 역수성(reciprocal)에 대한 내용이다. 의사결정자는 같은 계층 내에 있는 요인을 두 개씩 짝지어 비교할 수 있어야만 하고, 선호정도를 표현할 수 있어야 한다. 한 요소의 중요성 정도는 상대요소와 반드시 역수 조건이 성립하여야 한다. 예를 들면 ‘A’요인이 B’요인보다 x 배 중요하다고 하면 ‘B’요인은 ‘A’요인보다 $1/x$ 배 정도로 중요하다는 의미를 가진다. 둘째는 동질성(homogeneity)이다. 비교대상이 되는 요소들은 동질적이어야 하며 한정된 범위 내에서 이미 정해진 척도에 의하여 나타난다. 셋째는 종속성(dependency)에 관한 내용으로서 동일한 계층의 요소들은 상위계층 기준에 대하여 종속적인 성격을 가져야 한다. 넷째는 기대성(expectation)으로서 각 계층이 당초 예상했던 의사결정의 목적을 포함하고 있다고 가정한다. 김양열(2012)은 역수성의 공리, 동질성의 공리와 함께 한 계층 내 평가요소들의 우선순위 평가는 다른 계층의 평가요소와

독립적이라는 독립성 공리를 주장한다.

이러한 이론적 배경을 근거로 실제로 의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위해 AHP를 사용하는 경우, 일반적으로 다음과 같은 네 과정의 작업이 수행된다(조근태 외, 2003). 첫째 과정은 의사결정에 관한 문제를 상호 연관된 의사결정 요소들의 계층으로 나누어 의사결정 계층을 설정한다. 모형은 적어도 세 가지 계층을 가지게 된다. 최상위에는 문제해결을 위한 목적, 중간에는 대안을 선정하기 위한 다수의 기준, 제일 아래층에는 대안이 놓여진다(Guangdong et al., 2018). 이 과정은 AHP 방법론에서 가장 중요한 단계로서 분석가는 의사결정 문제를 상호 관련이 있는 결정 요소로 분리해야 한다(Saaty, 1977; Saaty, 1980). 계층을 구성하는 것은 AHP의 첫 단계이며 가장 중요한 단계임에도 불구하고 의사결정 문제를 계층화하는 방법에 대한 이론적인 틀은 정형화 되어있지 않다(조근태 외, 2003). 일반적인 진행 과정은 계층과 요소의 선정, 개념규정, 질문수립이라는 3단계를 상호 관련지어 진행한다(Vargas, 1990). 먼저 계층과 요소를 선정하고 이를 규정한다. 다음으로는 규정에 대한 질문을 만들어 의사결정자가 응답에 문제가 발생하는지 살펴보고 질문과 응답이 명확해질 때까지 수정 작업을 계속하여 질문의 완결성을 높인다. 설문지 사전안내문에서는 응답자들이 각 요인들에 대하여 정확한 의미를 알 수 있도록 설명하도록 한다. <그림 2-17>은 AHP 계층 모형도의 사례이다(조근태 외, 2003).

<그림 2-17> AHP 계층 모형도



출처: 조근태 외, (2003)

둘째 과정은 두 가지 의사결정 요인만 비교하는 쌍대비교 방법으로 판단 자료를 수집한다. Saaty·Tran(2007)에 따르면 각각의 기준이나 대안들이 구체적이거나 또는 그렇지 않을 때조차도 전문가들의 중요성 판단은 쌍대비교로 이루어져야 한다고 주장한다. 본 연구에서 쌍대비교의 척도는 9점을 기준으로 진행하며 N개 하위계층이 있다고 하면 $N(N-1)/2$ 회의 쌍대비교를 시행한다. 9점 척도를 채택한 것은 1956년 밀러(Miller)의 심리학 실험에서 “인간은 7 ± 2 개의 대상을 혼동이 없이 동시에 비교 가능하다”는 결과에 기초한 것이다(Miller, 1956; 임은선, 2006). 9점 척도를 사용하여 측정값을 구하는 방법으로는 <표 2-8>과 같이 선형값, 제곱값, 제곱근값, 기하값, 역선형값 등 다양하다. 의사결정자는 각각의 문제에 대하여 다양한 방법을 사용할 수 있지만 ‘Saaty scale’이라고 일컫는 선형값이 가장 선호된다(Franek·Kresta, 2014).

〈표 2-8〉 AHP 측정값 종류

구분	수학식	매개변수	측정값 근사치
선형값 (Saaty, 1977)	$s = x$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	1;2;3;4;5;6;7;8;9
제곱값 (Haker·Vargas, 1987)	$s = x^2$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	1;4;9;16;25;35;49;64;81
제곱근값 (Haker·Vargas, 1987)	$s = \sqrt{x}$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	$1; \sqrt{2}; \sqrt{3}; 2; \sqrt{5}; \sqrt{6}; \sqrt{7}; \sqrt{8}; 3$
기하값 (Lootsma, 1989)	$s = 2^{x-1}$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	1;2;4;8;16;32;64;128;256
역선형값 (Ma·Zheng, 1991)	$s = \frac{9}{(10-x)}$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	1;1.13;1.29;1.5;1.8;2.25;3;4.5;9
로그값 (Ishizaka·Balkenborg·Kaplan, 2010)	$s = \log_2(x+1)$	$x=\{1,2,\dots,9\}$	1;1.58;2;2.2;2.58;2.81;3;3.17;3.32

출처: Franek·Kresta(2014)

각각의 요인들을 양쪽 끝에 배치하고 9점 척도로 선택하는 형식으로 진행하게 되면 〈표 2-9〉와 같이 1/9 점수부터 9점까지 평가하게 되므로 엄밀히 말하면 17점 척도라고 할 수 있다(조근태 외, 2003). AHP의 쌍대 비교 척도에 대한 정의는 〈표 2-10〉과 같다.

<표 2-9> AHP 쌍대비교 구성 모형

평가 항목	(9) 절 대 중 요	(8)	(7) 매 우 중 요	(6)	(5) 중 요	(4)	(3) 약 간 중 요	(2)	(1) 동 등	(2)	(3) 약 간 중 요	(4)	(5) 중 요	(6)	(7) 매 우 중 요	(8)	(9) 절 대 중 요	평가 항목
A요인																		B요인
A요인																		C요인
B요인																		C요인

출처: 조근태 외, (2003)

<표 2-10> AHP 쌍대비교 척도

척도	중요도	정의
1	동등	두 요소가 동등하게 중요함.
3	약간 중요	한 요소가 약간 더 중요함.
5	중요	한 요소가 상당히 더 중요함.
7	매우 중요	한 요소가 매우 더 중요함.
9	절대 중요	한 요소가 절대적으로 다른 요소보다 중요함.
2, 4, 6, 8은 각각 1과 3, 3과 5, 5와 7, 7과 9의 중간정도를 의미함.		
숫자의 역수값	요소 a가 요소 b에 대해 척도의 특정 값을 가질 때 요소 b는 요소 a에 대해 그 특정 값의 역수 값을 가짐.	

출처: 조근태 외, (2003)

쌍대 비교의 결과는 대각의 값을 1로 하는 다음과 같은 벡터 모습을 가지게 된다.

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

여기서 $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{ii} = 1$ 을 나타낸다.

셋째 과정은 의사결정 요소들의 가중치를 상대적으로 추정하기 위하여 고유치 방법을 사용한다. 가중치(weight)는 요소들의 상대적 중요도 또는 선호도가 되며 이를 우선순위벡터(priority vector)라고 부르기도 한다. 계층 내에서 비교의 대상이 되는 n 개 요인의 상대적인 중요도를 $w_i (i=1, \dots, n)$ 이라고 하면, 상기한 쌍대비교행렬에서 a_{ij} 는 w_i/w_j ($i, j = 1, \dots, n$)로 추정해 볼 수 있다. 즉 a_{ij} 와 w_i 와 w_j 사이에는 다음 식이 성립한다.

$$a_{ij} = w_i/w_j \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

여기서 행렬의 모든 요소를 나타내면 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j \cdot \frac{1}{w_i} = n \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (3)$$

위의 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sum_j^n a_{ij} \cdot w_j = n \cdot w_i \quad (i, j = 1, \dots, n) \quad (4)$$

위 식은 선형대수론에서 고유치 문제 해법과 동일하다. 즉, 요소 a_{ij} 로 구성된 A 행렬을 다음 식으로 나타낼 수 있으며,

$$A = \begin{pmatrix} w_1/w_2 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

위 식은 고유치방법에 의하여 다음과 같이 표현된다.

$$A \cdot w = n \cdot w \quad (6)$$

여기서, w 는 행렬 A 의 우측 고유벡터이며, n 은 행렬 A 의 고유치이다.

위 식을 활용하면 w 를 구할 수 있다.

쌍대비교행렬 A 의 각 요소에 대한 w 를 구하는 방식은 다음과 같다. 설문문을 통해 구한 행렬을 A 라하고 w 를 이 행렬의 가중치라고 한다면 다음과 같은 식이 성립한다.

$$A \cdot w = \lambda_{\max} \cdot w \quad (\lambda_{\max} : \text{행렬 } A \text{의 가장 큰 고유치 값}) \quad (7)$$

이 값은 엑셀프로그램이나 AHP 전용 소프트웨어 패키지인 'Expert Choice 2000' 프로그램을 이용할 수 있다.

한편, 셋째 과정에서 중요한 것은 일관성에 대한 검증이다. AHP 기법에서는 분석 자료의 신뢰도를 검증하기 위하여 판단상 오차정도를 의미하는 일관성지표(Consistency Index: CI)와 일관성 비율(Consistency Ratio: CR)을 구하는데, 일관성 비율이 0.1미만이면 쌍대비교는 합리적인 일관성을 갖는 것으로 판단한다(정영철 · 정선양, 2015). 일관성 비율(CR)은 일관성 지표(CI)와 난수지수(RI, Random Index)로부터 측정이 가능하며, 아래의 수식을 통해 도출할 수 있다(조근태 외, 2003).

$$\text{일관성 지수}(CI) = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (8)$$

$$\text{일관성 비율}(CR) = \frac{CI}{RI} \times 100\% \quad (9)$$

난수지수(RI)는 <표 2-11>과 같이 행렬의 일관성 지수를 평균하여 산출한 것으로 1부터 9까지의 숫자를 무작위로 설정하여 역수행렬을 작성하고 이 행렬에 대하여 일관성지수를 평균하여 산출한 값으로 일관성의 허용 한도이다. 이를 평균무작위 지수라고도 한다.

<표 2-11> 난수 지수

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	4.49

출처: 조근태 외, (2003)

마지막 과정으로는, 당초 제시한 대안들에 대하여 그룹의 의견들을 종합한 순위를 표시하여야 한다. 결론을 도출하기 위하여 계층 내 요소의 상대적인 가중치를 종합하여 점수를 나타내는 방법은 <표 2-12>와 같이 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 설문대상자가 평가한 쌍대비교 행렬의 각 값에 대하여 참여한 전체 평가자의 평가값들을 기하평균하여 통합한 후, 이를 측정값으로 하는 단일 쌍대비교 방법이 있으며, 둘째는 설문대상자의 고유벡터수치를 산술 평균하여 통합 가중치를 구하는 방법, 마지막으로 고유벡터값을 기하평균하여 통합하는 방법이 있다. 위 세 가지 방법 중 어떤 방법을 사용하여도 결과에 큰 차이가 없는 것으로 알려져 있다(조근태 외, 2003).

<표 2-12> 가중치 종합 방법

구 분	원소 기하평균	가중치벡터 산술평균	가중치벡터 기하평균
산술식	$\overline{a_{ij}} = \prod_{k=1}^N (a_{ijk})^{1/n}$	$\overline{w_l} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n w_{lk}$	$\overline{w_l} = \prod_{k=1}^N (w_{lk})^{1/n}$
설 명	- n: 전체 평가자 수 - a_{ij}: k번째 평가자가 평가한 쌍대비교 행렬에서의 각 원소	- n: 전체 평가자의 수 - w_{lk}: k번째 평가자가 평가한 쌍대비교 행렬로부터 구한 1항목의 가중치 벡터값	

출처: 조근태 외(2003)

AHP 분석을 위한 조사는 직접 면담하는 방법, 유선으로 조사하는 방법, 이메일을 통하여 조사하는 방법으로 나눌 수 있다. 이 중 전문가들이 일정한 장소에 모여서 연구 취지를 충분히 숙지한 다음, 설문을 진행하는 것이 가장 좋은 방법이다. 시간 제약으로 직접 면담이 어려울 경우, 각 전문가를 대상으로 유선과 면담을 통해 설문내용에 대한 이해도를 높인 후 이메일과 팩스로 설문지를 송부하고 회수하는 방법이 있다(위강순·조용성, 2017).

2. 선행 연구

가. 신제품 개발 프로세스 관련 선행연구

자동차 산업의 급속한 기술 발전과 디지털 전환의 환경변화 그리고 고객의 다양한 요구로 복잡성과 불확실성이 증가하고 있다. 이러한 환경 속에서 살아남으면서 지속적인 성장을 확보하는 방안 중 하나가 신제품 개발에 있다(Page, 1993; 하영원·박홍수 2001). 신제품 개발에 대한 두 가지 연구 흐름을 볼 수 있다(편제범, 2018). 첫째, 신제품 개발 프로세스에서 기업 내부의 조직과의 협업에서 점차 외부 조직인 공급사로 협업의 범위가 확장됨을 알 수 있다. 둘째, 최근에는 신제품의 수명주기가 짧아짐에 따라 Product Life Cycle Management의 중요성이 부각 되고 있음을 알 수 있다. 또한 2015년 이후 Knowledge Management와 Risk Management에 대한 선호적 연결이 증가하였는데, 이는 극심한 경쟁 및 불확실성이 높은 지금의 기업 환경에서 기업은 자사가 보유하고 있는 신제품 개발에 대한 경험과 지식 관리에 대한 필요성이 반영된 추세로 볼 수 있다. 본 연구에서는 급변하는 기업 환경에서 고객의 욕구를 더욱 빠르고 정확하게 파악하기 위해서는 조직 구성원들의 경험과 지식, 그에 따른 학습 능력 관리가 중요하다. 자동차 부품업체는 이를 통해서 신제품 경쟁에서 우위를 달성하고자 신제품 개발의 초기단계에 효율적인 프로세스를 구축하기 위하여 APQP, GE의 NPI, DFSS 신제품 개발 프로세스의 선행 연구를 살펴본다.

(1) APQP 프로세스

빅3(GM, Ford, Chrysler)가 자동차 부품 품질을 위해서 만들어 빅3에 거래하는 부품업체에 적용한 품질인증 시스템이기 때문에 부품 공급 업체는 APQP 절차 및 기술을 따라야 한다. Lind(2005)는 APQP는 품질 관리를 위해서만 처리되는 프로세스일 뿐만 아니라 신제품 개발에 적용할 수 있는 프로세스 또는 방법론이라고 강조했으며, 문서의 생성만이 아니라 고객에게 높은 품질 제품을 제공하기 위한 프로세스이다. Carbone(2005)은 APQP가 조직의 모든 구성요소에 의해 구현되어야 하는 사고라고 강조했으며, 생산 과정에서 문제를 발견하고 재작업에 시간과 비용낭비 대신 APQP의 제품 설계 및 개발 단계에서 해결할 수 있다. 윤창수(2007)는 신제품 개발 시 조기에 양산품질을 확보하기 위한 방안 중 자동차 부품 2차 공급사의 양산 품질 확보에 초점을 두었으며, 자동차부품 2차 공급사의 개발담당자의 개발경험보다 발주사의 개발기간 보장률과 2차 부품공급사의 APQP 활동정도가 개발되는 신제품의 양산품질 성과에 미치는 영향을 실증하였다. Mittal et al.(2012)은 중소기업에 APQP 5단계를 적용하였다. 단계에 적합한 파레토 분석, Fish-Bone, FMEA, 관리계획서 등을 적용하였다. 송재영(2013)은 ISO26262와 APQP의 입력물과 출력물을 비교하여 각 단계별 시행하는 통합형 프로세스를 제안하였다. 배문형((2015)은 생산 요구사항 관리 프로세스에 적용하여 생산 관련 문제점들을 사전에 도면에 반영하여 공정변경과 투자를 최소화하였다. 전동진(2019)은 자동차부품개발에 정량적 평가지표인 모니터링 지표, 기술지표, 일정달성지표를 개발하여 제안하였다. Titu & Cupsan(2019)는 항공 산업의 유지, 수리, 분해점검에 APQP를 적용을 준비하고 있으며 항공사에서 협력업체에 APQP를 요구하고 있다. APQP 관련 선행연구를 <표 2-13>과 같이 정리하였다.

<표 2-13> APQP 선행 연구

년도	연구자	연구내용의 요약
2004	Tomita	고객의 요구를 만족시키기 위해서는 조직이 APQP, QFD, Six sigma와 같은 신제품 개발 기술을 개발하고 구현해야 함.
2005	Lind	APQP는 품질 관리 뿐만 아니라 신제품 개발 프로세스 또는 방법론임을 강조.
2005	Carbone	조직의 모든 구성 요소가 익히고 특히 2단계인 제품설계 및 개발 중요.
2007	윤수창	자동차 2차 협력사의 양산품질확보 방안 제시, APQP 전사활동, 개발품 이해중요.
2012	Mittal	중소기업 제품에 APQP 5단계 적용하여 단계별 공정능력, Fish-Bone, FMEA 등 도구.
2013	송재영	ISO26262와 APQP의 입력물과 출력물을 비교하여 각 단계별 시행하는 통합형 프로세스 제안.
2015	배문형	생산 요구사항 관리 프로세스에 적용하여 생산 관련 문제점들을 사전에 도면에 반영.
2019	전동진	자동차부품개발에 정량적 평가지표인 모니터링 지표, 기술지표, 일정달성지표를 개발.
2019	Titu & Cupsan	2017년 항공 산업의 유지, 수리, 분해점검에 APQP를 적용 준비.

(2) NPI 프로세스

NPI는 제품생산 시 품질과 가격 경쟁력 그리고 적기출시를 위한 신제품 개발 프로세스이다. 대표적인 NPI 프로세스는 GE의 NPI가 있다.

Parnaby(1995)는 NPI 도입시 명확한 목표를 수립하고 표준 비즈니스 프로세스 흐름도를 정의하였으며, 개발 스텝을 핵심그룹 70%, 지원그룹 30%로 구분하고 일선 책임을 가질 수 있는 프로젝트 매니저를 핵심그룹에 배치하여 역할을 명확하게 하였다. Viale(1998)은 시장에 빠르게 진입하는 하나의 요소로 제품을 측정하는 품질능력을 강조했으며 프로세스의 선행조건으로 더 진보된 정보교환 시스템과 네트워크를 요구하였다. 이준섭과 조재립(1999)은 GE의 NPI를 소개하였다. 구성은 13개 모듈로 되어있다. 대표적인 것은 Team Co-Location, Target Costing, Product Definition, MGPP가 있다. Shina(2002)는 NPI 프로세스에서 설계 훈련이 결점을 최소화하고 제품 최적화가 가능하며, 품질검사 전략은 가장 경제적인 방법이다. Haque & James-Moore(2004)는 NPI에서 Lean을 가능하게 하는 주요 방법과 도구를 요약하고, 낭비 제거 및 가치 향상을 통하여 NPI의 효율성 향상을 제안하였다. Wellings(2005)는 재규어와 랜드로버의 고급자동차에서는 기능과 품질을 넘어서 NPI 프로세스에 정서적 설계단계에 대한 필요성을 논했다. Attridge & Williams(2007)은 프리미엄 자동차의 NPI 프로세스 중 설계 검증 단계에서 물리적 검증과 디지털 검증 장점을 서로 통합하면서 문제 식별을 해야 한다고 제안하였다. 전혁(2010)은 NPI 프로세스에 DFSS 방법론을 적용시켜 신제품 개발 과정 중에 품질문제를 개선하고자 하였다. Jabidi et al. (2016)은 소량 생산 산업 NPI에 관한 것으로 이전 정보 및 경험을 수집, 공유로 복잡성을 감소시키는 프로세스를 제안되었다. Snehrat & Dutta (2018)는 타타자동차 NPI로 프로세스, 구조 및 거버넌스 메커니즘의 상호 작용을 강조하였다. NPI 프로세스 선행연구를 <표 2-14>와 같이 정리하였다.

<표 2-14> NPI 선행 연구

년도	연구자	연구내용의 요약
1995	Parnaby	NPI 프로세스의 지원도구를 효과적으로 활용하는데 있음, QFD, DFA, CAD.
1998	Viale	정보교환 시스템과 네트워크는 정보 흐름을 신속하게 개발되어야 한다. 더 빠른 의사결정을 위해서는 신속한 정보수집이 필요.
1999	이준섭·조재립	GE의 NPI소개, Market-In사고, Simlicity, Cost Reduction, Risk Assessment.
2002	Shina	설계 완성도로 결점을 최소화하고 최적의 제품 개발함.
2004	Haque & James-Moore	Lean을 NPI에 적용하여 낭비제거와 가치향상, QFD, DFx.
2005	Wellings	고급자동차 시장에서는 기능과 품질을 넘어 정서적 설계단계가 필요함.
2007	Attridge & Williams	고급자동차의 설계검증 프로세스에서 디지털 검증과 물리적 검증이 서로 보완하면서 식별.
2010	전혁	GE의 NPI 프로세스에 DFSS를 보완하여 소통 문제 해결 방안제시.
2016	Jabidi et al.	소량제조 NPI 프로세스의 복잡성을 감소, 이전의 유사한 제품 정보 및 경험 공유.
2018	Snehvrat & Dutta	타타자동차 NPI metaroutine 소개. 다양한 레벨의 조직의 양면성 강조.

(3) DFSS 프로세스

DFSS는 초기 설계부터 바로하기 위한 설계단계에서 6시그마 품질수준을 사전에 확보하려는 체계적인 프로세스이다.

박성현(2000)은 삼성종합기술원과 LG의 DFSS 단계, 로드맵 그리고 실무적용 방법과 활동요소에 대해 고찰하였다. 고두균(2003)은 DFSS 도입이 개발 프로세스, 조직 그리고 개발 활동요소의 수준을 향상시키는데 기여하고 성과 창출하는 모형을 제시하였다. 민경찬·강성룡(2005)은 서비스 상품과 프로세스 설계분야에 CTQ(Critical to Quality, 품질특성)를 도출하는 과정을 정량화하여 도출하였다. 김광재(2005)는 DFSS에서 VOC로부터 CTQ를 체계적으로 도출하기 위한 방법론을 제안하였다. 이강균(2006)은 신제품 개발 시 개발 전략, 프로세스 그리고 평가방법으로 구분하여 잠재적 예상 문제를 해결하는 Lean DFSS 제시하였다. Shahin(2008)은 삼성SDI와 Ford 사례 설명과 DFSS 교육 프로그램을 강조하였다. 박종락(2011)은 현대자동차의 DFSS가 성공으로 정착하기 위해서는 세 가지 방법으로 접근해야 한다고 하였다. 첫째는 중간 관리자 역할이 중요하고 둘째는 제품개발의 초기단계인 설계개념 단계에 적용하면 효과가 좋다. 셋째는 DFSS 추진방향은 설계품질 향상으로 제안하였다. 김재휴(2011)는 APQP와 DFSS를 연계한 품질보증 모형을 제안하였다. 홍성훈(2012)은 ISO 26262 제품개발 프로세스를 효율적이고 효과적으로 운영하기 위하여 ISO 26262 제품개발 프로세스와 연계된 DFSS의 DMADV 적용을 제안하였다. 남현우(2017)는 자동차 IT전장 분야에 품질 및 신뢰성을 확보하기 위하여 DFSS의 DIDOV를 ISO/TS 16949와 ISO 26262의 프로세스에 적용을 제안하였다. 마지막으로 Nurcahyanie (2020)는 2006년~2018년까지 Google Scholar, Deep Dyve 및 Mendeley 검색 엔진을 사용하여 107편 문헌 분석하여 다음과 같은 결론을 내었다. DFSS의 3가지 도전과제로 첫째, 사물 인터넷 (IOT)을 전략적 사고, 회사의 지속적인

업그레이드의 일부로 적용한다는 것이다. 둘째, 소비자 구매 스타일과 소비 행동에 영향을 미치는 문화적 변화에 맞춰 DFSS를 적용해야 한다. 셋째, 빠르게 변화하는 모든 환경을 수용할 수 있는 유연성이 있어야 한다는 것이다. 그리고 급변하는 제품 설계를 고려한 2가지 DFSS의 사용으로 첫째는 특정 요구와 협력되어야 하며 회사 네트워크의 모든 시스템이 관련되어야 하며, 둘째는 설계단계 전에서 DFSS를 사용하는 것이다. DFSS 선행연구를 <표 2-15>와 같이 정리하였다.

<표 2-15> DFSS 선행 연구

년도	연구자	연구내용의 요약
2000 2002	박성현	삼성종합기술원, DMADV, 과학적 관리기법 삼성그룹, LG, DMADV, 전문가양성 프로그램.
2003	고두균	DFSS 도입이 개발 프로세스, 조직 그리고 개발 활동요소 수준향상과 성과창출.
2005	민경찬·강성룡	서비스 상품과 프로세스 설계분야에 CTQ을 도출하는 과정을 정량화하여 도출.
2006	이강균	신제품 개발 시 잠재적 예상문제를 해결하는 4세대 R&D전략을 통해 Lean DFSS 제시.
2008	Shahin	삼성 SDI는 IDOV 또는 RDIDOV, Ford는 IDOV.
2011	박종락	현대자동차의 DFSS가 성공적으로 정착하기 위한 제안. 현대자동차는 IDDOV.
2011	김재휴	APQP 시스템에 DFSS를 연계하는 품질보증 모형 제안. DFSS는 프로젝트 차원으로 접근.
2012	홍성훈	ISO 26262 제품개발 프로세스와 연계된 DFSS의 DMADV 적용을 제안.
2017	남현우	DFSS의 DIDOV를 ISO/TS 16949와 ISO 26262 의 프로세스에 적용을 제시.
2020	Nurcahyanie	2006-2018년 107편 문헌 분석, DFSS 4가지 정의, DFSS 3가지 도전과제, 2가지 연구방향.

나. 프론트로딩 관련 선행연구

신제품 개발 프로세스에 있어서 <그림 2-2> 신제품 개발 기간중 사양변경 건수 추이, <그림 2-4> 신제품 개발 기간중 총품질 비용, <그림 2-9> 신제품 개발 기간 중 설계변경 비용 그리고 <그림 2-10> DFSS 기획과 같이 초기단계에 제품의 다양한 요구사항을 점검하고 사전에 문제를 식별하고 해결하여 개발 기간과 비용을 줄이고 품질 향상에 중요한 영향을 미치는 것을 보여주고 있다. 80년대부터 진행한 신제품 개발 혁신에서 공통적으로 나타나는 주요 트렌드 중 하나는 프론트로딩 전략이다(Imai, 2017).

Takeuchi & Nonaka(1986)은 신제품 개발 방법에서 유연성과 빠른 속도를 강조했다. 유연성은 신제품 개발 초기의 기획단계에서부터 각 부서 간의 역할 결합을 강화함으로써 가능하게 되고, 빠른 속도는 몇 개의 단계들이 겹쳐짐으로써 전체적인 개발 기간을 단축하게 된다고 하였다. Stalk(1988)은 신제품 개발 및 생산, 판매 그리고 유통을 관리하는데 걸리는 시간이 경쟁우위의 강력한 원천이라고 하였다. Ttygg(1991)는 초기단계 설계요구사항이 시장현황, 설계 가능성, 제조 용이성, 유용성, 제품의 신뢰성, 유지관리성, 재활용 가능성 등에 미치는 영향을 신제품 개발 프로세스에서 가능한 빨리 분석해야 한다고 하였다. Ulrich & Pearson(1993)는 개발 초기단계에서의 결정은 후기단계에서 비용의 80%만큼이나 큰 영향을 미친다고 하였다. 문제의 조기 검색은 목표달성과 품질과 높은 관계가 있다고 한다. Watkins와 Clark(1994)은 자동차의 후드와 트렁크 리드 개발 연구에서 연속적인 프로젝트간의 설계 문제가 반복되는 것을 발견했다. 또한, Von Hippel & Tyre(1995)도 유사한 패턴을 발견하고 문제가 있는 특정정보가 전송되지 않고 설계자가 전송한 정보를 효과적으로 적용되지 않음을 발견하였다. Huang & Mak(1997)는 제품의 특성과 다른 기능에 간섭을 식별

하는 Design for X로 가능한 위험과 문제점을 줄이는 방법을 제안하였다. Thomke(1998)는 자동차 개발의 설계에 있어서 시뮬레이션이 충돌에 대해 중요한 영향을 주어 설계 반복의 비용을 줄이고 개발 프로젝트의 총 시간과 비용을 줄이면서 문제해결을 높일 수 있었다. 한편, Thomke & Fujimoto(2000)는 신제품 개발 초기에 다양한 설계 대체 안을 검토하는 프론트로딩에 관한 연구에서 비용과 시간 측면에서 초기 문제 식별과 신속한 시작개발로 도요타 자동차가 개발 기간을 30% 단축한 결과를 보고하였다. Sheremata(2002)의 연구에 따르면 잠재적 문제의 조기 식별과 해결은 목표달성 및 제품 품질과 높은 상관관계가 있음을 보여준다. Morgan & Liker(2006)는 도요타 자동차의 제품개발에 있어서 문제해결 A3 시트, FMEA, 체크리스트, 의사결정 매트릭스와 같은 템플릿의 적용을 제안하였다. 김태윤(2009)은 일본 메이커가 우수한 국제경쟁력을 가지게 된 제품개발력의 구성요소로 첫째, 신제품 기획단계에서 양산까지 소요되는 리드 타임(Lead Time) 둘째, 파생제품을 신속히 개발 가능한 제품개발 생산성 셋째, 제품의 신뢰도, 설계 완성도, 소비자의 재구매 의도를 나타내는 종합 상품력 등이 라고 언급하고 있다. 심재익(2012)은 신제품 개발에 있어서 IT 활동이 지식경영역량을 향상되어 원가경쟁력, 개발 납기 단축, 제품의 품질을 높여 주는 것으로 나타났다. Leon et al.(2013)은 제품개발 프로세스에서 반복 되는 것을 프론트로딩하여 개발기간과 비용을 절감하였다. Tuna & Windisch(2014)는 신제품 개발의 비용 낭비를 줄이는 방안으로 프론트로딩 기능을 조사했으며 신제품 개발의 성능을 높이기 위해서 고객 요구사항, 양산개발, 과거차 문제 및 초기 시험 등의 4가지 지식에 따라 체계화하고 프론트로딩이 과거 프로젝트의 지식 통합을 통해 이루어졌음을 발견하였다. Belay et al.(2014)는 단일 프로젝트의 ‘지식 프론트로딩’에 대해서 시스템 다이내믹 방식을 사용하여 선행 투자를 할당하고 개발 프로세스의 총 비용과

개발기간에 미치는 영향을 비교한 결과로 제품개발의 총비용이 거의 절반으로 줄어든다는 사실이 밝혀졌으며 여러 설계 대안을 포함하기 위해 초기 단계의 비용부담이 더 높지만, 총 제품개발 기간이 거의 20% 단축되었다. 조용화(2015)는 신제품 개발의 제품 완성도 향상을 위한 통합설계 그리고 제조융합 시뮬레이션으로 품질 30% 향상과 개발기간은 25% 단축하였다. Goffin & Mithcell(2016)는 프로젝트 관리 주요 변수를 시간, 비용, 사양 세 가지로 분류했다. Kerga et al.(2016)은 여러 프로젝트의 ‘지식 프론트로딩’에 대한 시스템 다이내믹 방식을 사용하여 평균 개발기간 25% 단축과 제품개발 총 비용 40%를 절감되었다. 이현욱(2016)은 초기부터 모든 부서가 조기 참여하여 양산에서 생길 수 있는 많은 문제를 초기단계에서 해결하여, 양산으로 이관하는 DFM을 설명하였다. Imai(2017)에 따르면 일본의 잃어버린 20년을 극복하기 위한 일본 자동차 산업은 원가경쟁력 강화, 생산성 향상, 경쟁력 강화, 규모의 경제 달성 등 이러한 혁신에서 중요한 트렌드 중 하나로 프론트로딩을 언급하고 있다. 그리고 Kulkarni et al.(2017)은 항공업체의 부품설계 최적화에서는 지식 기반 엔지니어링을 접목하여 90% 이상의 잠재적 리드 타임 감소와 최대 30%의 제품 성능 개선을 보여준다. 이건봉(2017)은 신제품 개발과정과 시간 효율성의 관계에 대해 정보통신기술에 의해 주요 정보를 공유하는 정보화 통합과 다양한 활동에 대한 절차나 규칙을 효과적으로 체계화시키는 공식화 통합의 조절 효과를 검증하였다. 프론트로딩 방식에 관한 다른 연구에서 마케팅 사전 개발 활동이 프로젝트 수익성과 속도에 미치는 영향을 강조한다.

선행 연구를 통하여 프론트로딩으로 인한 신제품 개발의 생산성 효과로서 개발기간 단축과 비용절감 그리고 문제해결로 구분하여 <표 2-16>과 같이 정리하였다.

〈표 2-16〉 프론트로딩의 효과성 분류

구분	연구자	연구내용의 요약
개발 기간 단축	Takeuchi & Nonaka (1986)	신제품 개발 유연성 그리고 빠른 개발 속도.
	Stalk (1988)	신제품 개발, 생산, 판매 그리고 유통 관리하는 시간이 경쟁우위 원천.
	Thomke (1998)	시뮬레이션이 설계반복을 줄여서 시간과 비용 낮추면서 문제해결을 높임.
	Tygg (1991)	초기단계 설계요구사항들을 가능한 빨리 분석하여 반영.
	Thomke & Fujimoto (2000)	프론트로딩으로 개발 초기단계에 문제 해결하여 비용과 시간 단축.
	김태윤 (2010)	일본업체의 국제경쟁력은 개발기간단축, 제품개발 생산력, 종합상품력 등.
	심재익 (2012)	신제품 개발에서 IT활동이 지식경영역량을 향상을 통하여 원가경쟁력, 개발납기 단축, 품질 향상 시킴.
	Leon et al. (2013)	제품개발 프로세스에서 반복되는 것을 프론트로딩하여 시간과 비용 절감.
	Belay et al. (2014)	단일 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	조용화 (2015)	설계, 제조융합 시뮬레이션으로 품질향상과 개발기간 단축.
	Goffin & Mitchell (2016)	프로젝트 관리 주요변수는 시간, 비용, 사양으로 분류.
	Kerga et al. (2016)	여러 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	Kulkarni et al. (2017)	항공업체의 지식기반 엔지니어링 접목으로 개발기간 단축과 성능 향상.
	이건봉 (2017)	신제품 개발과정과 시간효율성의 관계에 대해 IT에 의한 정보공유가 조절효과 있음을 검증.
비용 절감	Ulrich & Pearson (1993)	개발 초기단계 결정이 후기단계 비용의 80% 영향 미침.
	Thomke (1998)	시뮬레이션이 설계반복을 줄여서 시간과 비용 낮추면서 문제해결을 높임.

	Thomke & Fujimoto (2000)	프론트로딩으로 개발 초기단계에 문제해결하여 비용과 시간 단축.
	Goffin & Mitchell (2016)	프로젝트 관리 주요변수는 시간, 비용, 사양으로 분류.
	Leon et al. (2013)	제품개발 프로세스에서 반복되는 것을 프론트로딩하여 시간과 비용 절감.
	Tuna & Windisch (2014)	지식통합의 프론트로딩이 비용 낭비를 줄임.
	Belay et al. (2014)	단일 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	Kerga et al. (2016)	여러 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	Imai (2017)	일본 자동차 산업의 원가경쟁력은 프론트로딩임.
문제 해결	Ulrich & Pearson (1993)	문제의 조기 식별은 목표달성과 품질에 영향이 큼.
	Watkins & Clark (1994)	연속적인 프로젝트간의 설계문제가 반복되는 것을 발견.
	Von Hippel & Tyre (1995)	유사문제 발견 그리고 설계자가 전송한 정보 반영 미흡.
	Huang & Mak (1997)	Design for X로 예상위험과 문제점을 줄이는 방법 제안.
	Thomke (1998)	시뮬레이션이 설계반복을 줄여서 시간과 비용 낮추면서 문제해결을 높임.
	Thomke & Fujimoto (2000)	프론트로딩으로 개발 초기단계에 문제해결하여 비용과 시간 단축.
	Sheremata (2002)	잠재적 문제의 조기 식별과 해결로 목표달성과 품질확보.
	Morgan & Liker (2006)	문제해결을 위한 A3, FMEA, 체크리스트, CAE 등 활동요소 사용 제안.
	조용화 (2015)	설계, 제조융합 시뮬레이션으로 품질향상과 개발기간 단축.
	이현욱 (2016)	모든 부서가 참여하여 문제를 식별하고 해결함.
	Kulkarni et al. (2017)	항공업체의 지식기반 엔지니어링 접목으로 개발기간 단축과 성능향상.

Thomke & Fujimoto(2000)는 프론트로딩을 프로젝트 간 지식을 전달하는 ‘지식 프론트로딩’과 문제를 신속하게 해결하는 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’으로 구분하여 <표 2-17>과 같이 재정리하였다.

<표 2-17> 프론트로딩의 유형 분류

구분	연구자	연구내용의 요약
지식 프론트 로딩	Watkins & Clark (1994)	연속적인 프로젝트간의 설계문제가 반복되는 것 발견.
	Von Hippel & Tyre (1995)	유사문제 발견 그리고 설계자가 전송한 정보 반영 미흡.
	Huang & Mak (1997)	Design for X로 예상위험과 문제점을 줄이는 방법 제안.
	Thomke & Fujimoto (2000)	프론트로딩으로 개발 초기단계에 문제해결하여 비용과 시간 단축.
	Sheremata (2002)	잠재적 문제의 조기 식별과 해결을 통해 목표 달성과 품질확보.
	Morgan & Liker (2006)	문제해결을 위한 A3, FMEA, 체크리스트, CAE 등 활동요소 사용 제안.
	Leon et al. (2013)	제품개발 프로세스에서 반복되는 것을 프론트로딩하여 시간과 비용 절감.
	Tuna & Windisch (2014)	지식통합의 프론트로딩이 비용 낭비를 줄임.
	Belay et al. (2014)	단일 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	Kerga et al. (2016)	여러 프로젝트에서 ‘지식 프론트로딩’으로 인한 비용과 개발기간 단축.
	이현욱(2016)	모든 부서가 참여하여 문제를 식별하고 해결함.
	Imai (2017)	일본 자동차 산업의 원가경쟁력은 프론트로딩임.

	Kulkarni et al. (2017)	항공업체의 지식기반 엔지니어링 접목으로 개발기간 단축과 성능향상.
신속한 문제 해결 프론트 로딩	Thomke (1998)	시뮬레이션이 설계반복을 줄여서 시간과 비용 낮추면서 문제해결을 높임.
	Thomke & Fujimoto (2000)	프론트로딩으로 개발 초기단계에서 문제를 해결하여 비용과 시간 단축.
	Morgan & Liker (2006)	문제해결을 위한 A3, FMEA, 체크리스트, CAE 등 활동요소 사용 제안.
	심재익 (2012)	신제품 개발에서 IT활동이 지식경영역량을 향상을 통해 원가경쟁력, 개발납기 단축, 품질 향상시킴.
	조용화 (2015)	설계, 제조융합 시뮬레이션으로 품질향상과 개발기간 단축.
	Kulkarni et al. (2017)	항공업체의 지식기반 엔지니어링 접목으로 개발기간 단축과 성능향상.
	이건봉 (2017)	신제품 개발과정과 시간효율성의 관계에 대해 IT에 의한 정보공유가 조절효과 있음을 검증.

Ⅲ. 파생제품 개발

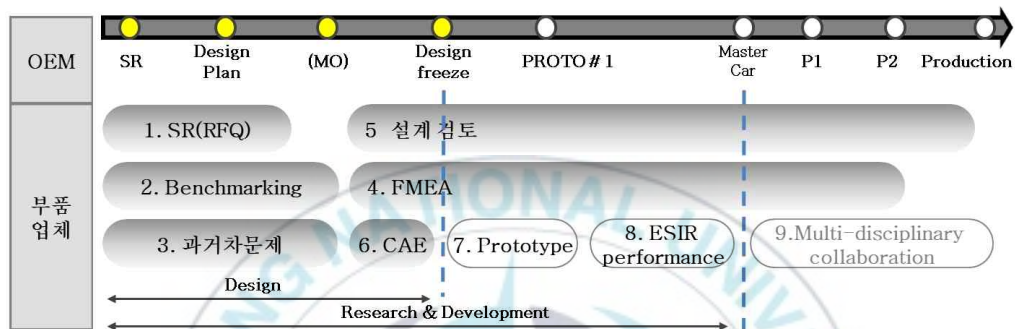
1. 문제 정의

자동차 부품업체는 고객인 완성차 업체의 요구를 만족하는 제품을 만들어야 하고, 이를 위해서는 품질과 원가 경쟁력뿐만 아니라 경쟁자보다 빠르게 출시하는 것이 중요하다. 그리고 2018년 7월부터 주 52시간 근로제의 시행으로 근로시간 단축에 따른 직무몰입이 중요해 졌으며(장호중, 2019), 자동차 산업 환경의 변화에 따른 내연기관차에서 전기·수소 자동차 그리고 자동차제품 플랫폼 정책에 따른 파생차의 증가(김영국 2013; 이병휘, 2018)와 근무환경의 변화로 연구개발 업무의 선택과 집중이 필요해졌다. 그래서 자동차 부품업체에서는 신제품 개발 프로세스에서 중요한 초기단계의 효율적인 업무수행 방법을 개발할 필요성이 높아졌다. 본 연구는 완성차 업체인 고객의 요구에 효율적이고 효과적으로 협력하기 위하여 자동차 부품업체에서 프론트로딩 전략을 도입하고자 할 때, 완성차에서 제시한 부품업체의 연구개발 활동에 대한 가이드에 대해서 부품업체의 설계단계 실무에 적합한 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위 도출을 목적으로 한다. 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위 선정은 선택과 집중으로 빠른 문제 식별과 해결로 설계의 완성도를 향상하는 것이다.

Booz et al.(1982)은 신제품을 기업과 시장 측면에서 참신성 정도에 따라 <그림 2-1>과 같이 6가지로 분류하였고, Morgan & Liker(2006)에 의하면 성숙한 단계인 자동차 산업 내 제품은 파생제품 또는 개선제품으로 제시하였다. 완성차 업체에서 제품 사양이 확정됨에 따라 <그림 3-1>과 같이 부품업체에서 관련 부품개발이 진행된다. 부품개발은 크게 연구개발과 양산개발로 구분되고 연구개발에는 기획단계, 설계단계 그리고 시작단계가

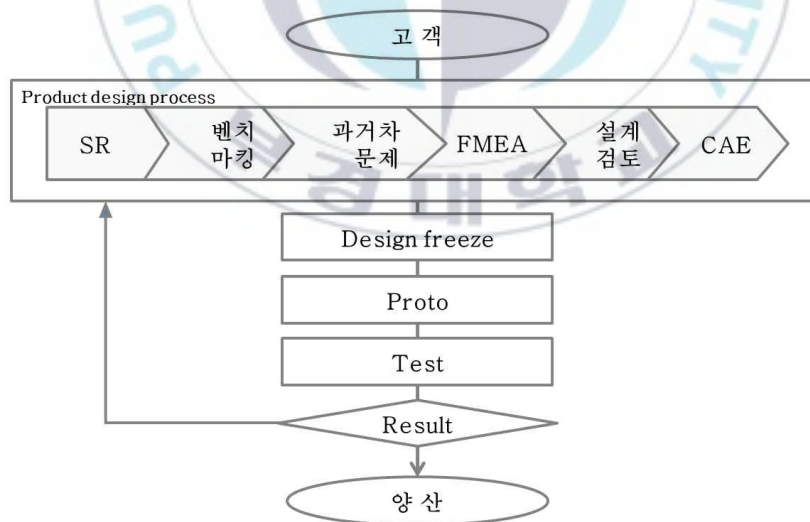
있다. 연구개발단계의 여덟 가지 핵심활동 요소 중 고객요구사항 접수부터 도면출도까지 범위인 설계단계에서 프론트로딩을 반영한 핵심활동 요소는 <그림 3-1>와 같이 여섯⁹⁾ 가지이다. <그림 3-2>는 부품업체의 설계 프로세스 흐름도를 보여준다.

<그림 3-1> 설계단계의 핵심활동 여섯 가지 요소



출처: 박병학 외 (2019)

<그림 3-2> 부품설계 프로세스



9) 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소 여섯 가지는 SR, 벤치마킹, 과거차 문제, 설계 검토, FMEA, CAE이다

설계단계의 여섯 가지 핵심활동 요소를 프론트로딩의 2가지 방법인 ‘지식 프론트로딩’과 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’으로 구분하여 <그림 3-3>에 표시하였다.

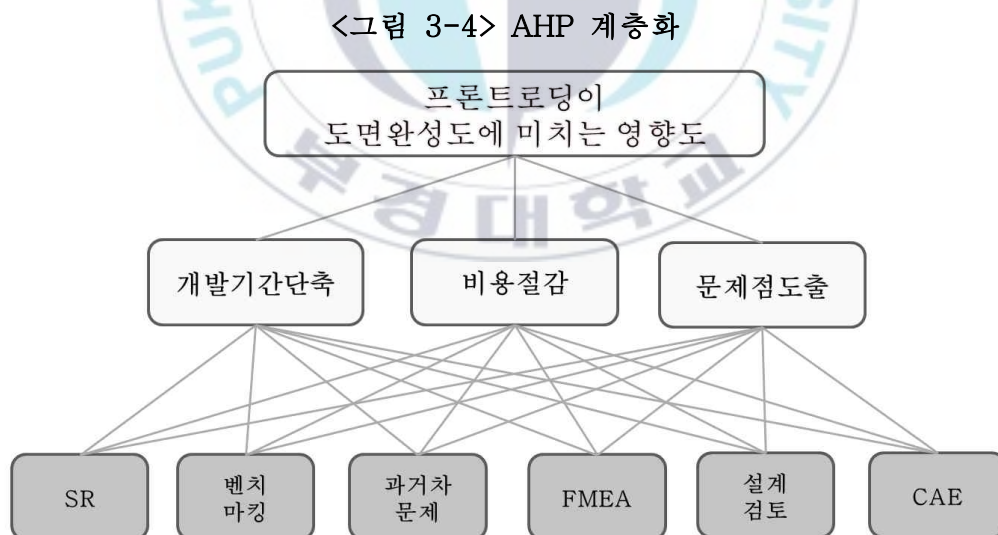
<그림 3-3> 핵심활동 요소 분석

	프로젝트간 지식 전달		신속한 문제해결
	Past	Present	Future
활동 요소	Benchmarking, 과거차 문제	SR, 설계 검토	FMEA, CAE

지식 프론트로딩은 과거와 현재 시제로 벤치마킹, 과거차 문제와 SR, 설계 검토 그리고 설계단계의 신속한 문제해결 프론트로딩은 사전에 검토하는 미래 시제로 FMEA, CAE가 있다.

2. 연구 모형

AHP 방법론을 활용한 연구에서 의사결정계층 모형을 세우는 것은 연구의 목적을 달성하는 데 있어서 가장 중요한 단계라고 할 수 있다. 본 연구는 3계층으로 구성하였다. <그림 3-4>와 같이 계층 1은 AHP 조사목적인 설계단계에서 프론트로딩 활동요소가 도면의 완성도에 미치는 영향으로 하고, 연구모형의 계층 2는 프론트로딩 선행연구의 <표 2-16>과 같이 자동차 부품업체에 프론트로딩 도입 효과성으로 개발기간단축, 비용절감 그리고 문제점도출이다. 계층 3에서는 완성차 업체에서 부품업체로 가이드로 제시한 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소이다. 즉 SR, 벤치마킹, 과거차 문제, FMEA, 설계 검토, CAE 여섯 가지로 구성하였다.



3. 분석 결과

가. AHP 결과

본 연구의 AHP 모형 도출과 설문에 참여한 전문가들은 40년간 부품을 생산하고 800여 개의 특허를 보유한 자동차 부품 전문 업체의 연구개발 실무자로 구성되었으며, AHP 모형은 A부품사가 운영 중인 연구개발 AHP 지침에 의해 도출하였다. AHP 프로그램은 엑셀 프로그램을 통하여 중요도와 일관성 비율(CR)을 구하였다. 설문 문항은 선행연구에서 제시된 9점 척도로 중요도를 측정하였으며, 완성차에서 요구하는 프론트로딩 요소를 순차적으로 질문을 하였다. 설문은 관련자 전체인원 대상으로 설명하고 설문 조사를 진행하였다. 일관성 비율(CR)이 0.1 이상인 12명에 관해서 재설명하고 설문을 진행하였으며, CR이 0.1 미만인 응답 결과만을 분석대상 자료로 활용하였다. 설문 참여 전문가는 근무경력 7년 이상인 책임연구원 49명이며, 10년 이상이 37명(75.5%)으로 가장 많았다. 연구개발 기능별 직군으로 <표 3-1>과 같이 선행기술 개발연구원과 기술을 설계에 반영하는 제품 설계자 그리고 전산해석으로 검증하는 해석연구원으로 도면출도 이전 (Before Design Freeze) 기능 그룹과 시작제품을 개발하는 연구원과 성능 검증하는 시험연구원 그리고 새로운 제품을 개발하는 연구원으로 도면출도 이후(After Design Freeze) 기능 그룹으로 분류하였다. 자동차 부품업체의 부품개발 초기단계에서 연구개발 실무자를 대상으로 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 중요도를 도출하기 위하여 전문 직군별로 나누어 설문조사를 수행했다.

〈표 3-1〉 설문 엔지니어 분류

구 분	담당업무	인원수
도면출도 전	선행 기술	17
	제품 설계	11
	CAE	5
	소 계	33
도면출도 후	시작품 제작	5
	시험 평가	5
	신제품 개발	6
	소 계	16
합	계	49

설문지 일관성 비율(CR) 평균은 0.0596으로 나왔다. 따라서 0.1 이하로 일관성이 있으며, 전체 평가항목별 가중치 분석 결과는 〈표 3-2〉, 도면출도 이전 기능 그룹에 대한 분석 결과는 〈표 3-3〉 그리고 도면출도 이후 기능 그룹에 대한 분석 결과는 〈표 3-4〉로 정리하였다. 프론트로딩 효과성에 관한 3개 평가항목 중 1순위는 개발 비용절감, 2순위는 사전 문제해결, 3순위는 개발 기간 단축이다. 그리고 프론트로딩 설계인자에 대한 6가지 평가결과는 1순위는 과거차 문제이고 설계 검토, CAE, FMEA, 벤치마킹, SR 등의 순이다. 2계층에서 개발 기간 단축과 사전 문제해결 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 과거차 문제로 나타났으며, 개발비용 절감 측면의 1순위는 설계 검토 그리고 과거차 문제, CAE 등의 순으로 나왔다.

<표 3-2> Analytic Hierarchy Process 결과

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.252	3	고객요구사항	0.131	5	고객 요구사항	0.093	6
			벤치마킹	0.100	6			
			과거차 문제	0.231	1			
			FMEA	0.140	4	벤치마킹	0.094	5
			설계 검토	0.209	2			
			CAE	0.189	3			
비용 절감	0.437	1	고객요구사항	0.098	6	과거차 문제	0.248	1
			벤치마킹	0.103	5			
			과거차 문제	0.216	2			
			FMEA	0.119	4	FMEA	0.141	4
			설계 검토	0.250	1			
			CAE	0.214	3			
문제점 도출	0.311	2	고객요구사항	0.055	6	설계 검토	0.224	2
			벤치마킹	0.076	5			
			과거차 문제	0.306	1			
			FMEA	0.173	4	CAE	0.200	3
			설계 검토	0.199	2			
			CAE	0.191	3			

<표 3-3> AHP 결과 (도면출도 전 그룹)

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.246	3	고객요구사항	0.129	5	고객 요구사항	0.091	5
			벤치마킹	0.098	6			
			과거차 문제	0.229	1			
			FMEA	0.138	4	벤치마킹	0.085	6
			설계 검토	0.209	2			
			CAE	0.197	3			
비용 절감	0.419	1	고객요구사항	0.103	5	과거차 문제	0.240	1
			벤치마킹	0.092	6			
			과거차 문제	0.206	3			
			FMEA	0.125	4	FMEA	0.148	4
			설계 검토	0.253	1			
			CAE	0.221	2			
문제점 도출	0.335	2	고객요구사항	0.047	6	설계 검토	0.224	2
			벤치마킹	0.068	5			
			과거차 문제	0.289	1			
			FMEA	0.186	4	CAE	0.211	3
			설계 검토	0.200	3			
			CAE	0.210	2			

<표 3-4> AHP 결과 (도면출도 후 그룹)

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.252	3	고객요구사항	0.131	5	고객 요구사항	0.093	6
			벤치마킹	0.100	6			
			과거차 문제	0.231	1			
			FMEA	0.140	4	벤치마킹	0.094	5
			설계 검토	0.209	2			
			CAE	0.189	3			
비용 절감	0.437	1	고객요구사항	0.098	6	과거차 문제	0.248	1
			벤치마킹	0.103	5			
			과거차 문제	0.216	2			
			FMEA	0.119	4	FMEA	0.141	4
			설계 검토	0.250	1			
			CAE	0.214	3			
문제점 도출	0.311	2	고객요구사항	0.055	6	설계 검토	0.224	2
			벤치마킹	0.076	5			
			과거차 문제	0.306	1			
			FMEA	0.173	4	CAE	0.200	3
			설계 검토	0.199	2			
			CAE	0.191	3			

나. 프론트로딩 핵심활동 요소 비교

완성차에서는 APQP 프로세스와 PSO 단계를 바탕으로 부품업체 연구개발부문에서 효율적이고 효과적으로 협업하기 위하여 여덟 가지 활동 가이드를 제시하였고, 여덟 가지 중 설계단계의 핵심활동 요소는 여섯 가지이다. <표 3-5>와 같이 완성차에서 부품업체 연구개발의 핵심활동 요소의 중요도를 제시한 가이드에서 설계단계의 여섯 가지 프론트로딩 핵심활동 요소 중요도와 AHP 가중치에서 나타난 결과를 <표 3-5>와 같이 우선순위를 보여준다.

<표 3-5> 핵심활동 요소 비교

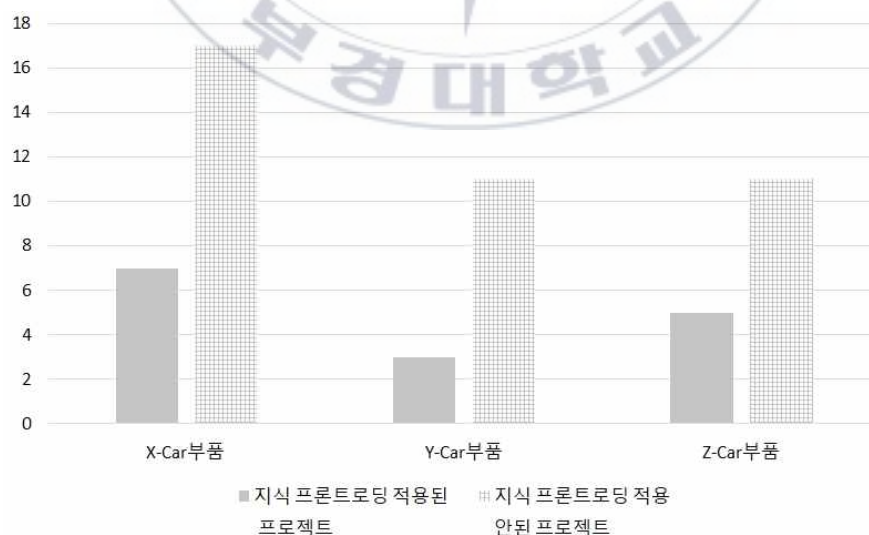
순위	중요도	완성차 가이드	순위	가중치	부품업체
1	0.35	설계 검토	1	0.248	과거차 문제
2	0.30	FMEA	2	0.224	설계 검토
3	0.20	과거차 문제	3	0.200	CAE
3	0.20	CAE	4	0.141	FMEA
5	0.15	벤치마킹	5	0.094	벤치마킹
6	0.10	SR	6	0.093	SR

<표 3-5>에서 완성차 가이드와 부품업체의 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 비교에서 2단계 차이가 있는 핵심활동 요소는 과거차 문제와 FMEA이다. 5순위 벤치마킹과 6순위 SR은 동일하게 나왔다.

다. 프론트로딩 사례연구

과생제품 개발에 있어서 지식 프론트로딩에 대한 사례로 A부품업체의 양산단계에서 사내 문제 발생에 관한 자료이다. 2015년부터 2017년까지이며, 총 프로젝트는 83개에 177건이다. 정상적인 지식 프론트로딩 프로젝트는 80개로 A부품업체에서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소를 수행하여 개발된 양산 제품이고, 지식 프론트로딩이 안된 프로젝트는 3개로 해외에서 생산되는 제품으로 설계전문업체에서 제품설계를 진행한 제품으로 이전 차종의 과거차 문제와 생산 공정 등 설계 검토를 반영하지 못하고 양산금형 제작 후 파일럿단계에 문제 검토하여 개발된 양산 제품이다. 지식 프론트로딩이 안된 프로젝트와 같은 연도의 동급 차량을 대상으로 사내 문제 발생 접수 건수를 비교하여 <그림 3-5>와 같이 보여준다. 지식 프론트로딩이 안된 프로젝트가 2.2~3.6배 문제 발생 건수가 높게 나타난다.

<그림 3-5> 지식 프론트로딩 적용 결과



IV. 혁신제품 개발

1. 문제 정의

현재 자동차 산업은 전기자동차, 자율주행차 등의 신기술 등장으로 파괴적 혁신이 가속화되는 추세를 보이고 있다. 자동차 부품업체에서는 전기자동차, 자율주행차와 같은 혁신제품을 통해 회사의 경쟁 우위를 확보할 수 있으며 새로운 영역에서 발판을 마련할 수도 있다. 그러나 혁신제품은 높은 위험성과 추후 관리의 문제를 수반한다는 것 또한 간과해서는 안 된다. 혁신제품은 파생제품과는 다른 새로운 기능의 예상문제와 복잡성 증가에 따른 다양한 문제 등을 프론트로딩 전략을 통한 프로세스 초기단계의 업무수행 방법에 대한 필요성이 높아졌다. 이에 대한 자동차 부품업체는 개발 기간 단축을 위해 개발 초기에 문제를 검토하고 해결하는 방법으로서 신제품 개발 프로세스를 제안하였다(이현욱 외, 2016). 특히 제품의 품질, 원가 그리고 시간 단축을 모두 생각하면서 완성차 업체의 고객요구사항과 기대를 만족시킬 방법의 필요성은 중요하다 할 것이다. 본 장에서는 자동차 부품업체 입장에서 완성차 업체인 고객의 요구에 효과적이고 효율적으로 협력하기 위하여 자동차 부품개발 프로세스 초기단계에서 제품설계자가 프론트로딩 전략을 적용하여, 혁신제품에 대한 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하고 우선순위를 선정하는 것이다. 이를 위해 신제품 개발 프로세스 중 설계단계 활동요소에 관한 선행연구를 수행하였으며, 그 결과를 바탕으로 활동요소를 선정하기 위한 평가 기준을 도출하고, Pugh Matrix 방법을 통하여 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하고 AHP로 우선순위를 선정하는 것이다.

2. 연구 모형

본 연구에서는 혁신제품 개발에 대한 고객 요구사항으로부터 설계단계까지의 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하고 우선순위를 선정하는 방법을 단계적인 절차로 세분하였다. <그림 4-1>은 전체적인 구성을 보여준다.

<그림 4-1> 혁신제품 설계단계 프론트로딩 핵심활동 요소



1단계는 신제품 개발 프로세스의 고객 요구사항부터 도면출도까지의 설계단계 과정을 TRIZ의 “시스템 완전성 법칙”으로 정의한다. 2단계에서는 신제품 개발 프로세스의 설계단계에서 활동요소들을 개념설계와 상세설계로

분류한다. 3단계는 분류된 활동요소를 프론트로딩으로 재구성하고, 4단계에서는 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하기 위한 평가 기준을 정의한다. 평가기준은 기술시스템의 4가지 구성요소의 정의를 주제와 속성으로 분류한 다음, 속성을 재정의하여 체계적인 절차로 평가 기준을 도출한다. 5단계에서 Pugh Matrix로 점수를 부여하여 평가하여 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출한다. 6단계에 핵심활동 요소를 AHP 통하여 우선 순위를 선정한다.

먼저 프론트로딩 핵심활동 요소 도출은 Pugh Matrix 그리고 우선순위는 AHP 방법으로 선정한다.

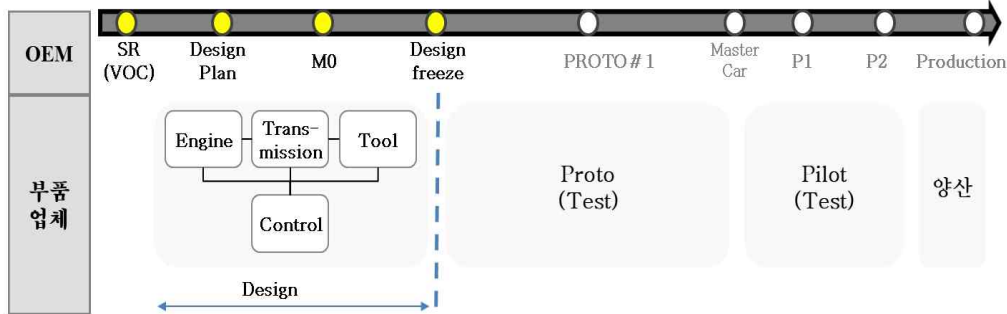
가. 활동요소 후보 도출 방법

(1) 시스템 정의

단계 1에서는 신제품 개발 프로세스의 설계단계 업무 프로세스를 <그림 4-2>와 같이 TRIZ 시스템 완전성 법칙의 기술시스템으로 정의한다. 신제품 개발의 대상은 프로세스지만 설계단계에는 프로세스뿐만 아니라 관련된 고객 요구사항과 투입되는 정보 그리고 기능을 포함되기 때문에 시스템 관점으로 정의하는 것이 타당하다(김광재 외, 2005). 시스템 완전성의 법칙은 TRIZ 시스템 진화법칙의 하나로서, <그림 2-16>과 같이 모든 시스템은 작업을 수행할 수 있도록 하는 Engine, Transmission, Tool, Control의 4가지 구성요소를 갖추고 있다(Cascini, G. et al., 2009; 홍일성 외, 2018; 김형일 & 신영재, 2019).

시스템 개별 구성요소의 기능은 다음과 같다. 첫째, Engine은 에너지를 전환한다. 둘째, Transmission은 에너지를 이동하는 행위를 말한다. 셋째, Tool은 시스템의 주 기능을 수행한다. 넷째, Control은 파라미터를 가이드 하고 제어한다.

<그림 4-2> 신제품 개발의 설계단계 시스템



출처: 박병학 (2020)

(2) 설계단계의 활동요소

단계 2에서는 신제품 개발 프로세스 APQP의 48가지 활동요소 <표 2-1>, GE-NPI의 54가지 활동요소 <표 2-2> 그리고 현대자동차 DFSS 42가지 활동요소 <표 2-3>에서 설계단계를 개념설계와 상세설계로 구분하여 활동요소를 <표 4-1>과 같이 추출하였다. 또한, 추출한 설계단계 활동요소 중에서 단순한 활동의 결과물, 목록, 기법 등을 제외하고, 고객사와 양산개발에서 요구하는 중요도가 있는 프론트로딩 활동요소는 밑줄 친 활동요소로 표현하였다. APQP 프로세스의 활동요소 일곱 가지로 고객의 소리, 제품과 공정 벤치마킹, 설계 목표, 설계 FMEA, 조립성과 제조성을 위한 설계, 설계 검증, 설계 검토이다. NPI 프로세스의 활동요소는 열한 가지로 VOC/QFD, Design Guide Rule, Benchmarking, FA/DFA, FMEA, TRIZ, Robust Design, CAE/FDM, DR Check List, Simulation이다. 그리고 DFSS 프로세스의 활동요소는 열 가지로 QFD, 고객요구를 선정을 위한 전략, TRIZ, FMEA, DFM/DFA/DFS, 이상기능, S/N비, DOE/직교표, P-Diagram, 시뮬레이션과 분석이다. 각 프로세스의 설계단계 활동요소는 다음과 같다.

<표 4-1> 설계단계의 활동요소

구분	APQP	NPI	DFSS
개념 설계	-고객의 소리 -사업계획&마케팅 전략 -제품, 공정 벤치마킹 자료 -제품/공정 가정 -제품 신뢰성 연구 -고객 입력물 -설계 목표 -신뢰성 및 품질목표 -예비자재 수급서 -예비공정 흐름도 -특별제품/공정특성 예비목록 -제품보증계획	-VOC/QFD -경쟁사/Benchmarking -Design Guide Rule -Benchmarking -FA/DFA -FMEA -Pugh Matrix -TRIZ -DOE -Robust Design -CAE/FDM -간이 자동화 -DR Check List -Risk Assessment	-QFD-I : 회사 기준 -Kano Model -고객요구를 선정 위한 전략 -Pugh 개념 도출 기법 -TRIZ -FTA -FMEA -Process Mapping -창조적인 활동요소 조합 -DFM, DFA, DFS -가치분석/가치공학 -시스템 공학
상세 설계	-설계 FMEA(DFMEA) -조립성/제조성을 위한 설계 -설계 검증 -설계 검토 -엔지니어링 도면 -기술 시방서 -재료 시방서 -도면 및 시방서 변경 -특별특성 및 공정 특성	-FGI -Simulation -허용치 설계 -FDM -TRIZ -SCM 설계 -Layout 설계 -재고 Modeling -유통 채널 설계 -4P Plan	-QFD-II : Design Parameter와 허용차 -QFD-III : Process Parameters -이상기능 -S/N비 -DOE/직교표 -2단계 최적화 -품질 손실 함수 -허용차 설계 -P-Diagrams -시뮬레이션과 분석 -분산분석(ANOVA)

(가) APQP 프로세스의 설계단계 활동요소

고객의 소리는 내·외부 고객으로부터 얻어지는 요구사항, 불만 또는 추천사항에 대한 정보를 취합하는 체계적인 절차이다. 사업계획 & 마케팅 전략은 고객의 사업계획 및 마케팅 전략으로부터 제품 품질계획의 기본구조를 설정하는 것으로 고객의 전략으로부터 자사 R&D 전략 및 개발계획과 사업전략에 영향을 줄 수 있는 제한요소의 파악과 이를 업무에 반영하는 것이 목적이다. 제품, 공정 벤치마킹 자료는 고객요구사항을 일상적인 R&D활동으로 연계하여 경쟁자를 추월하는 지속적인 목표치의 설정과 고객 요구사항에 대한 측정 가능한 품질/공정특성 연구 및 비교기준을 제공하는 것이 목적이다. 제품/공정가정은 특정한 특징/설계 또는 공정개념을 가지는 제품 가정의 Input 자료를 활용하며 이러한 가정들은 기술혁신, 진보된 자료, 신뢰성 평가 그리고 신기술개념을 포함하고, 목적은 제품의 기본기능을 달성할 수 있는 가능한 방법의 연구를 통한 제품 및 공정가정의 개발이다. 제품 신뢰성 연구는 제품/공정 가정의 유형으로부터 지정된 기간 내의 부품 수리, 교체주기와 장기신뢰성, 내구성 시험결과를 고려하며 이는 제품가정이 고객이 신뢰할 수 있는 가설인가를 확인하는 단계이다. 고객 입력물은 고객 입장에서 고객 소리와 공급자 입장에서 고객 소리를 상호협의를 통해서 모순과 오해를 제거하는 단계로서 품질특성을 파악하고 고객의 정보를 획득하고 고객과 합의하는 순서로 이루어진다. 설계목표는 고객의 소리를 객관적으로 측정 가능하도록 가정된 설계목표로 전환하는 것으로 제품 개발의 목표는 제품의 성능, 기대요소 등에 대한 측정 가능한 특성치 설정을 하는 것이다. 신뢰성 및 품질목표는 안전, 환경, 기능의 영향분석을 통해 고객 만족 목표설정을 하며 고객사용 환경 또는 고객지정 환경에서 제품 신뢰성 또는 수리 용이성의 설정을 목표로 한다. 예비자재 수급서는 초기공정 및 제품가정으로부터 초기협력업체 목록을 포함한 예비

자재 수급서를 작성하는 것으로 예비특별 특성 및 공정특성을 규정하기 위해 적절한 제품 및 공정의 선택이 필수적이다. 예비공정 흐름도는 제품 및 공정가정과 예비자재 수급으로부터 예상되는 제조공정을 공정 흐름도에 기술하는 것으로 조립성, 제조성이 고려된 설계를 위해 설계책임 조직에서 사전정보 제공과 공정특성 및 관리방법의 개발을 위한 검증대상을 파악하는 것을 목표로 한다. 특별제품 및 공정특성 예비목록은 고객 기대, 요구사항에 근거한 제품가정, 설정된 신뢰 요구 및 목표, 파악된 예상 제조공정의 특별특성, 유사부품의 FMEA에서 선정되나 이에 국한되지는 않는다. 제품 보증계획은 설계목표를 설계요구사항으로 전환함으로써 설계목표를 만족시킬 수 있는 설계구상을 문서화 하는 것이다. 설계 FMEA(DFMEA)는 고객의 필요 및 기대요구사항에 따라 지속적으로 변경되고 살아 있는 문서로 고장 가능성 및 고장에 대한 영향을 평가하는 체계적인 분석기법이다. 조립성 및 제조성을 위한 설계는 설계기능과 제조성, 조립 용이성 간의 최적화를 위한 동시공학 절차로서 제품의 기능 및 신뢰성 최적화에 집중된 설계 활동을 제조 단계상의 생산성 수익 측면의 설계관 점으로 검토하는 것이다. 설계검증은 제품설계가 제1단계에 규명된 고객 요구사항의 충족함을 검증하는 활동으로서 모든 설계출력요소가 설계입력 요구사항을 충족함을 보장하기 위한 테스트가 목적이다. 설계 검토는 설계검증 단계에서 발생하는 오류를 예방하고 상호 팀 간 정보교환을 활성화하기 위하여 설계 활동에 의해 주도가 되는 정기회합이다. 엔지니어링 도면은 이전의 검증 활동을 통해 보완된 요구사항이 정확히 도면에 평가됨을 보장하는 것이다. 고객에 의한 설계인 경우라도 공급자 제품품질 계획팀의 설계 검토가 필요하며 도면상에 포함된 정부규제, 안전과 관련된 특별특성은 반드시 관리계획서에 표기하여야 한다. 기술 시방서는 이전 단계까지 검토 및 검증되었던 사항들과 고객 요구사항들을 모두 기술 사양에 반영하여 고객 요구사항을 만족하는지를

입증하는 단계이다. 재료 명세서는 재료 사양은 양산 환경조건에서도 물리적 변화 및 특성에 변화가 없음을 입증해야 한다. 도면과 성능 사양서에 추가하여 물리적인 성질, 성능, 환경, 취급 및 보관 요구사항과 관련된 특별특성을 위하여 재료 사양이 검토되어야 하며 관리계획서에 기술되어야 한다. 특별특성 및 공정특성은 고객의 소리를 조사하여 예비특별 제품특성 및 예비특별 공정특성을 파악하는 것이다. 제품품질을 결정하는 중요한 항목을 설정하고 제조공정 설계 및 제작, 측정 시스템에 반영하고 생산 시 관리계획서의 주요항목으로 설정하여 지속적인 관리를 하기 위한 특성들을 설정한다.

(나) NPI 프로세스의 설계단계 활동요소

QFD(Quality Function Deployment, 품질기능 전개)는 1960년대 후반 일본의 요지 아카오박사에 의해 연구되기 시작하였다. 고객의 요구사항을 서비스와 제품의 연구, 개발 및 생산에 대한 회사의 적절한 요구사항으로 전환하는 시스템이며, 고객이 표현하거나 숨겨져 있는 요구사항을 찾아내고, 그것을 프로세스와 실행방안으로 변형시키고 조직을 통해 실현하는 것이 주요 내용이다. Design Guide Rule은 제품의 성능 및 수요에 따른 설계 가이드 기준이다. DFA(Design for Assembly, 조립을 고려한 설계)는 프론트로딩 개념을 사용하여 설계단계에서 제품생산의 마지막 단계인 조립공정에서 최소의 부품으로 요구되는 제품 사양으로 조립시간, 비용과 부품 수를 줄이고 조립 용이성과 효율성을 높이는 설계 방법이다(Andreasen, 1988; 고명준, 2016)). Robust Design은 강건설계로 노이즈에 영향을 덜 받도록 하는 설계이다. DR Check List는 도면 검토를 쉽게 할 수 있도록 항목별로 점검하는 목록이다. Risk Assessment는 위험도 분석 분석대상이 가질 수 있는 위험과 사고를 식별하고 그 원인 및 영향을 분석·정량화하여 그 결과를

설계·제작 등에 반영하여 치명적인 고장 등으로 인한 피해와 손실을 최소화시킬 수 있는 과학적인 분석기법이다. FGI(Focus Group Interview)은 정성 조사의 한 가지 방법으로 면접진행자가 보통 7~8명의 면접 대상자들을 한 장소에 모여 비체계적이고 자연스러운 분위기에서 조사목적과 관련된 토론을 함으로써 자료를 수집한다. 허용치 설계는 통계 기법, 합동 방법, 유한요소해석 등을 활용한 제품의 항목별 허용치 이내 설계 설정하는 것이다. DFM(Design For Manufacturing, 제조를 고려한 설계)은 양산단계에서 적용되는 생산기술의 제품 생산규격을 연구개발 단계에서 적용하여 개선하는 기법으로 제조회사를 직접 다룬다는 점에서 중요하다. SCM 설계는 공급사슬관리 설계로 공급자로부터 기업 내 변환과정, 유통망을 거쳐 최종 제품 개발 및 생산, 프로세스 설계, 시장개발, 작업지시, 완제품 입고, 공정 관리, 청구, 세금 등 전체적인 연결 관계에 대한 프로세스 설계이다. Layout 설계는 공정, 제품, 물류 전반적인 공간 및 설비에 대한 설계이다. 재고 Modeling은 주기 단위별 재고관리 설계 (단기/장기/중기) 및 재화 유지비용과의 관계를 전체 제품주기에 따라 모델링하는 단계이다. 유통 채널 설계는 유통목표, 경로, 서비스, 구성원, 대상 설계이다. 4P는 마케팅 활동에서 사용되는 한 가지 방법으로 전체적인 균형이 잡히도록 구성하는 것으로 1960년 제롬 매카시 교수가 처음 소개하였다. 마케팅 믹스는 Product(상품), Price(가격), Place(유통), Promotion(판촉)으로 구성되어 있다.

(다) DFSS 프로세스의 설계단계 활동요소

Kano Model은 카노 노리아키 교수가 1984년 발표한 논문에서 처음 소개한 “제품기획이론”으로, 제품을 기획할 때 제품의 기능과 성능에 대해 소비자가 기대하는 것과 충족시키는 것 사이의 주관적 관계와 함께, 요구되는 사항의 만족/불만족에 의한 객관적 관계를 설정하여 설명하고 있는

프레임워크이다. FTA(Fault Tree Analysis)는 고장 원인의 인과관계를 정상사상으로부터 하향식으로 분석하는 방법(FMEA는 상향식 분석법) 즉, 시스템고장을 발생시키는 사상(Event)과 그의 원인의 인과관계를 논리기호(AND & OR)를 사용하여 나뭇가지 모양의 그림으로 나타낸 고장나무(Fault Tree)를 만들고, 이에 의거 시스템의 고장확률을 구함으로써 문제가 되는 부분을 찾아내어 시스템의 신뢰성을 개선하는 계량적 고장해석 및 신뢰성 평가방법이다. 시스템 공학은 모든 시스템 요소들의 최적의 조화를 달성할 수 있도록 기술 시스템 개발을 관리하는 프로세스이다. 또한 고객의 요구사항을 명확한 시스템 파라미터로 전환하고 이 파라미터들을 여러 개발 분야로 할당하고 통합한다. 파라미터(Parameter)는 제품이나 공정의 성능에 영향을 주는 재료의 성분, 장치의 성능, 기계 용량, 기계의 회전속도 등과 같은 통제가능요인을 의미한다. 반면에 외부환경의 온도, 습도, 기계 노후와 같은 잡음요인은 통제불능 요인으로 구분된다. 이상 기능은 아무것도 없이 원하는 기능을 발휘하는 것이다. 모든 공학적 시스템은 이상성이 증가하도록 발전 되고 있다 것이 법칙이다. 이것은 문제 해결자로 하여금 완벽한 개념을 도출해 내고 이를 추구하도록 한다. S/N비(Signal/ Noise)는 통신분야에서 신호 대 잡음의 비율을 가리키는 용어로 앰프와 같은 음향 기기에서 음량(요구성능)을 높이면 동시에 잡음도 커진다는 것을 경험한 바 있다. 이때 필요한 것은 음량만 크게 하고 잡음은 최소화하는 것이다. 파라미터 설계에서도 S/N비의 의미를 확장하여 기능의 효과와 잡음의 비율을 S/N비라고 부른다. 직교표는 설계변수들의 여러 조합에서 성능특성이 잡음에 어떻게 영향을 받는가를 관찰하여 분석함으로써 가장 바람직한 설계변수를 정의할 수 있다. 이 때, 실험적 연구의 경제성과 통계적 효율성을 고려하여 적절한 실험계획을 선정하는 것이 중요하며 다구찌는 파라미터 설계를 위한 실험계획으로 직교배열표의 이용을 제안하였다. 직교배열

실험계획법은 실험 요인의 실험시간을 최소화하기 위한 것이다. 품질 손실 함수(QLF, Quality Loss Function)는 일반적으로 제조공정에서 제품의 품질판정은 허용규격을 정의하고 허용규격 안으로 들어오면 품질합격판정을 내린다. 허용차 설계는 파라미터 설계에서 얻어진 성능특성치의 목표 값에 대한 허용차를 결정하는 단계이다. 파라미터 설계에 의해 설계변수의 최적 조건을 구하였으나 성능특성의 변동이 아직 만족할 만한 상태가 아닐 때 허용차 설계를 수행하게 된다. P-Diagram (Parameter-Diagram)은 요구하는 이상적인 기능 수행하고 에러 발생을 최소화하는 데 영향을 미칠 수 있는 입력, 출력, 노이즈, 제어로 구성한다. FMEA와 Control Plan을 사용하여 문서화하고 관리해야 할 기능, 요구조건, 잠재적인 고장모드를 확인하는데 사용하는 도구이며 방법이다. 분산분석(ANOVA, analysis of variance)은 통계학에서 두 개 이상 다수의 집단을 비교하고자 할 때 집단 내의 분산, 총평균과 각 집단의 평균의 차이에 의해 생긴 집단 간 분산의 비교를 통해 만들어진 F분포를 이용하여 가설검정을 하는 방법이다. 통계학자이자 유전 학자인 로날드 피셔에 의해 1920년대에서 1930년대에 걸쳐 만들어졌다.

<표 4-2> 설계단계의 활동요소 정리

구분	APQP	NPI	DFSS
개념 설계	고객의 소리 Benchmarking FMEA	VOC Design Guide Rule Benchmarking FMEA TRIZ	고객요구사항 TRIZ FMEA
상세 설계	과거차조립/제조문제 설계 검증(CAE) 설계 검토	Robust Design DR Check List CAE DFA TRIZ	Robust Design DOE/직교표 CAE DFM,DFA,DFS

<표 4-2>는 각 프로세스의 설계단계 활동요소에서 유사활동을 그룹핑하고 상위개념으로 정리하여 개념설계와 상세설계로 구분한 활동요소이다. APQP에서는 여섯 가지 활동요소, NPI에서는 열 가지 활동요소 그리고 DFSS에서는 일곱 가지로 중복된 활동요소는 고객요구사항, 벤치마킹, FMEA, 설계 검토, CAE, 과거차 문제 또는 제조를 고려한 설계, Robust Design 그리고 TRIZ 등이 있다.

(3) 활동요소 재구성

단계 3에서는 설계단계 활동요소를 프론트로딩의 ‘지식 프론트로딩’과 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’으로 구분하고 활동요소로 재구성하였다. <그림 4-3>와 같이 설계단계 활동요소는 여덟 가지이다. ‘지식 프론트로딩’ 다섯 가지¹⁰⁾와 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’ 세 가지¹¹⁾로 구분된다

<그림 4-3> 설계단계 활동요소 재구성

Front-Loading		APQP	GE-NPI	DFSS	재구성
프로젝트간 지식 전달	Past	Benchmarking 과거차문제	Guide Rule Benchmarking DFM	DFM	Benchmarking DFM/과거차문제
	Present	SR 도면 검토	VOC DR Check List Robust Design	VOC DOE Robust Design	VOC 도면 검토 Robust Design
신속한 문제해결	Future	FMEA CAE	FMEA CAE TRIZ	FMEA CAE TRIZ	FMEA CAE TRIZ

10) ‘지식 프론트로딩’ 활동요소로 Benchmarking, DFM, VOC, 설계 검토, Robust Design가 있다.

11) ‘신속한 문제해결 프론트로딩’ 활동요소로 FMEA, CAE, TRIZ가 있다.

설계단계 활동요소는 다음과 같다. 첫째, Benchmarking은 측정의 기준이 되는 대상을 설정하고 그 대상과 비교 분석을 통해 장점을 따라 배우는 행위를 말한다. 둘째, 과거차 문제/DFM(Design For Manufacturing, 제조를 고려한 설계)은 양산단계에서 적용되는 생산기술의 제품 생산규격을 연구개발 단계에서 적용하여 개선하는 기법으로 제조원가를 직접 다룬다는 점에서 중요하다. 셋째, VOC(Voice of Customer, 고객의 소리)는 고객이 기업에 보내는 모든 커뮤니케이션을 통칭하는 말이다. 넷째, Design Review(설계 검토)는 품질요구사항을 충족시키는 능력을 평가하고 문제점을 식별하고 해결책을 제안하기 위한 활동으로 설계에 대한 양식화되고 체계적인 조사이다. 다섯째, Robust Design(강건 설계)은 잡음의 영향을 최소화하면서도 제품의 성능을 높이하고자 하는 제품개발 활동을 말한다. 여섯째, FMEA(Failure Mode and Effects Analysis, 고장형태 및 영향분석)는 제품의 잠재 고장 및 그 영향을 파악하고 잠재 고장의 발생 기회를 해소하거나 감소시킬 목적으로 사용되는 분석적 기법이다. 일곱째, CAE(Computer Aided Engineering, 전산해석)은 연구개발 연구원을 위한 컴퓨터 기술을 활용하여 제품의 설계, 제조 및 공정 설계 등을 사전 검토 지원을 하는 것으로 컴퓨터 지원 공학이라고도 불린다. 여덟째, TRIZ((Theory of Solving Inventive Problem, 트리즈)는 **겐리히 알츠슐러**(Genrich Altshuller)에 의해 제창된 발명문제의 해결을 위한 체계적 방법론이다(홍인기, 2007).

(4) 평가 기준

단계 4에서는 설계단계 프론트로딩 활동요소 여덟가지에서 핵심활동요소를 도출하기 위한 평가 기준을 정의한다. <그림 4-2>의 제품 개발의 설계단계 시스템에서 설계단계 프로세스를 기술시스템 관점의 Engine, Transmission, Tool 그리고 Control 네 가지 구성하였고, 네 가지 구성요소

의 기능을 정의한다. <그림 4-4>와 같이 정의된 항목은 다시 주제와 속성으로 나눌 수 있다. 속성은 형용사로 형식을 통일한 다음 재구성하고 의미를 부여하여 재정의된다(김광재 외, 2005). 속성의 유형에 관한 기존의 연구¹²⁾를 바탕으로 기술시스템의 네 가지 구성요소에 대한 속성 유형을 효과성(Effectiveness), 효율성(Efficiency), 역량(Capability), 용이성(Easiness)으로 제시한다. 네 가지의 속성 유형으로 프론트로딩 설계단계 활동요소를 <표 4-3>과 같이 Pugh Matrix 방법으로 평가한다. 평가 기준이 되는 Datum은 신제품 개발에 기초가 되는 고객 요구사항을 바탕으로 하였다. Pugh Matrix는 사용하기 쉽고, 다양한 아이디어를 처리할 수 있는 장점을 가지고 있다.

<그림 4-4> 기술시스템 구성요소로 재정의

기술시스템	정의	재정의	
		주제	속성
Engine	Converts Energy	Innovation Design	Effectiveness
Trans-mission	Transmits Energy	Processing	Efficiency (Speed)
Tool	Performs the Main Function of System	Tool	Capability (Advancement)
Control	Guides & Controls the Parameters	Control	Easiness

12) 속성 유형을 효과성(Effectiveness), 효율성(Efficiency), 역량(Capability) 용이성(Easiness), 정확성(Accuracy), 적절성(Suitability) 6가지로 분류하였다(Gendren & Shanke, 2003; Parasuraman *et al.*, 1988).

<표 4-3> Pugh Matrix 평가 전

Technology System		Datum	지식 이전				신속한 문제해결		
			과거		현재		미래		
		고객 요구 사항	벤치 마킹	과거차 문제 DFM	설계 검토	강건 설계	FMEA	CAE	TRIZ
Engine	Innovation Design 효과성								
Trans-mission	Processing 효율성								
Tool	Tool 역량								
Control	Control 용이성								
Result		+							
		-							
		GAP							

(5) 핵심활동 요소 후보 도출

단계 5에서는 프론트로딩 활동요소 여덟 가지에서 핵심활동 요소를 도출하기 위하여 네 가지 평가 기준으로 프로세스의 입력항목 즉 고객요구 사항을 Datum으로 두고 대안들을 Datum과 서로 비교하여 획득된 총점을 계산한다. 본 연구에 참여한 전문가들은 자동차부품을 생산하는 업체에서 15년 이상 연구개발 경력의 실무 책임연구원들로 구성되었으며, 한 장소에 모여 조사목적과 관련된 토론하고 각 개인의 의견을 소통하고 Datum을 기준으로 활동요소를 비교하여 혁신제품에 대한 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소 여섯 가지를 도출하였다. Pugh Matrix 방법을 사용한 분석 결과는 <표 4-4>와 같이 혁신제품의 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소 1순위는 TRIZ가 선정되었고 FMEA, CAE, DR, DFM 그리고 VOC 등의 순서이다.

<표 4-4> Pugh Matrix 평가결과

Technology System		Datum	지식 이전				신속한 문제해결		
			과거		현재		미래		
		고객 요구 사항	벤치 마킹	과거차 문제 DFM	설계 검토	강건 설계	FMEA	CAE	TRIZ
Engine	Innovation Design 효과성		-	S	S	S	+	+	+
Trans-mission	Processing 효율성		+	+	S	-	-	-	+
Tool	Tool 역량		-	-	S	+	+	+	+
Control	Control 용이성		S	S	S	-	S	S	-
Result		+	1	1	0	1	2	2	3
		-	2	1	0	2	1	1	1
		GAP	-1	0	0	-1	1	1	2

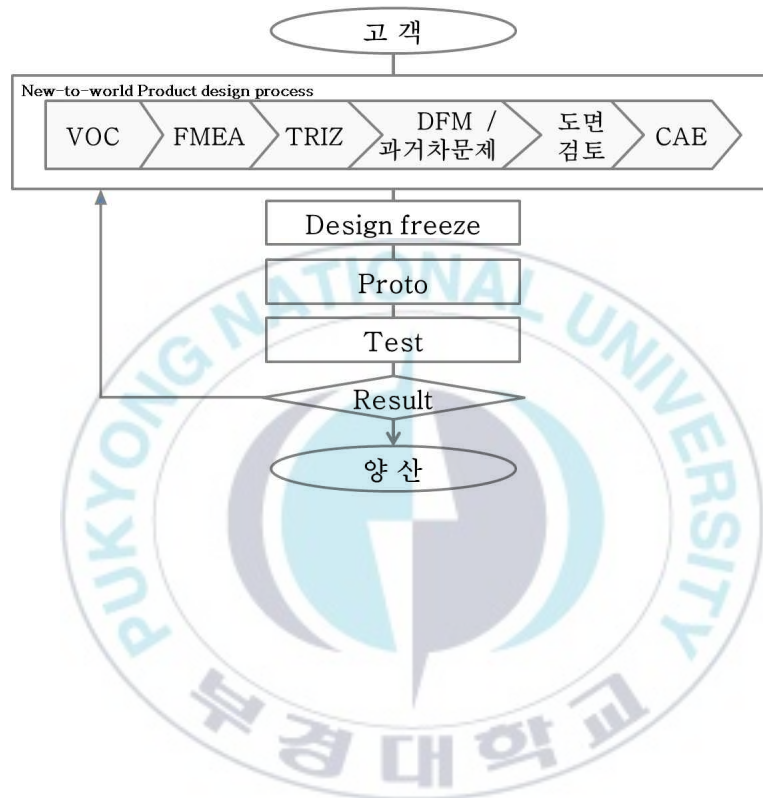
Pugh Matrix 방법 도출된 혁신제품에 대한 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소 여섯 가지를 지식 프론트로딩과 신속한 프론트로딩으로 <그림 4-5>와 같이 구분하였다.

<그림 4-5> 혁신제품 프론트로딩 핵심활동 요소

Front-Loading		APQP	GE-NPI	DFSS	New-to-world products
프로젝트간 지식 전달	Past	Benchmarking 과거차문제	Guide Rule Benchmarking DFM	DFM	
	Present	SR 도면 검토	VOC DR Check List Robust Design	VOC DOE Robust Design	
신속한 문제해결	Future	FMEA CAE	FMEA CAE TRIZ	FMEA CAE TRIZ	

연구개발단계 중 고객 요구사항 접수에서부터 도면출도까지의 설계단계 프로세스에 프론트로딩 핵심활동 요소를 배치한 결과는 <그림 4-6>과 같다.

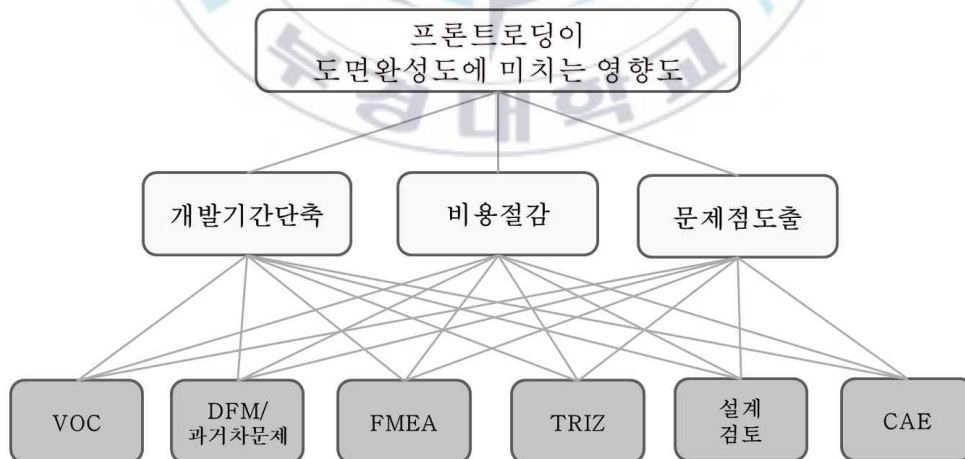
<그림 4-6> 혁신제품 부품설계 프로세스



나. 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 선정 방법

단계 6에서는 혁신제품의 설계단계 프론트로딩 여섯가지 핵심활동 요소의 우선순위를 선정하는 단계이다. AHP의 의사결정계층 모형은 <그림 4-7>과 같이 계층 1은 AHP 조사목적인 설계단계의 프론트로딩 요소가 도면 완성도에 미치는 영향으로 하고, 연구모형의 계층 2는 프론트로딩 선행 연구의 <표 2-16>과 같이 자동차 부품업체에 프론트로딩의 효과성으로 개발기간단축, 비용절감 그리고 문제해결 세 가지이다. 계층 3은 자동차 혁신제품 개발 시 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소이다. 즉 VOC, FMEA, TRIZ, DFM/과거차 문제, 설계 검토, CAE 등의 여섯 가지로 구성하였다.

<그림 4-7> 혁신제품 AHP 계층화



3. 분석 결과

가. AHP 결과

본 연구의 AHP 모형 도출과 설문에 참여한 전문가들은 40년간 부품을 생산하는 자동차 부품 전문 업체의 연구개발 실무자로 구성되었으며, AHP 모형은 A부품사가 개발 운영 중인 연구개발 AHP 지침에 의해 도출하였다. 설문 문항은 선행연구에서 제시된 9점 척도로 중요도를 측정하였으며, 단계 6에서 도출된 프론트로딩 핵심활동 요소를 순차적으로 질문을 하였다. 설문은 관련자 전체인원 대상으로 AHP 목적과 효과성 그리고 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동에 대하여 설명하고 설문 조사를 진행하였다. 1차 설문 결과에 일관성 비율(CR)이 0.1 이상인 22명에 대해서는 재설명하고 설문을 진행하였으며, 2차 설문에서 CR 0.1 이상이 2명 나왔다. 그래서 2명을 제외하고 0.1 미만인 응답 결과만을 분석대상 자료로 활용하였다. 설문 참여 전문가는 근무경력 7년 이상인 책임연구원 49명이며, 10년 이상이 35명(71.4%)으로 가장 많았다. 연구개발 기능별 직군으로 <표 4-5>와 같이 선행기술 개발연구원과 기술을 설계에 반영하는 제품설계자 그리고 전산해석으로 검증하는 해석연구원으로 도면출도 이전(Before Design Freeze) 기능 그룹과 시작제품을 개발하는 연구원과 성능 검증하는 시험연구원 그리고 새로운 제품을 개발하는 연구원으로 도면출도 이후(After Design Freeze) 기능 그룹으로 분류하였다.

<표 4-5> 혁신제품 설문 엔지니어 분류

구 분	담당업무	인원수
도면출도 전	선행 기술	16
	제품 설계	13
	CAE	5
	소 계	34
도면출도 후	시작품 제작	4
	시험 평가	4
	신제품 개발	5
	소 계	13
합	계	47

설문지 일관성 비율(CR) 평균은 0.0511으로 나왔다. 따라서 0.1 이하로 일관성이 있으며, 전체 평가항목별 가중치 분석 결과는 <표 4-6>, 도면출도 이전 기능 그룹에 대한 분석결과는 <표 4-7> 그리고 도면출도 이후 기능 그룹에 대한 분석결과는 <표 4-8>로 정리하였다. 프론트로딩 효과성에 관한 3개 평가항목 중 1순위는 개발 문제점도출, 2순위는 비용절감 그리고 3순위는 개발 기간 단축이다. 그리고 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 우선순위에서는 1순위는 CAE이고 설계 검토, FMEA, TRIZ, DFM/과거차 문제, SR 순이다. 2계층에서 비용절감과 사전 문제점도출 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 설계 검토로 나타났으며, 개발 기간 단축 측면의 1순위는 CAE, FMEA, 설계 검토 순으로 나왔다. 또한 프론트로딩 설계 인자에 대한 6개 평가결과는 <표 4-6>을 바탕으로 <그림 4-8>과 같이

프론트로딩의 2가지 방법으로 표현하였다. 지식 프론트로딩에서는 설계 검토, DFM/과거차 문제, VOC 순이고 신속한 문제해결 프론트로딩은 CAE, FMEA, TRIZ 순이다.

<그림 4-8> 혁신제품 프론트로딩 핵심활동 요소 결과

	프로젝트 간 지식 전달		신속한 문제해결
	Past	Present	Future
활동 요소	DFM/과거차 문제 ⑤	VOC ⑥ 설계 검토 ②	FMEA ③ CAE ① TRIZ ④

지식 프론트로딩은 과거와 현재 시제로 DFM/과거차 문제와 VOC, 설계 검토 그리고 설계단계의 신속한 문제해결 프론트로딩은 사전에 검토하는 미래 시제로 FMEA, CAE, TRIZ가 있다.

<표 4-6> 혁신제품 Analytic Hierarchy Process 결과

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.256	3	고객요구사항	0.136	5	고객 요구사항	0.107	6
			과거차 문제/DFM	0.098	6			
			FMEA	0.197	2			
			TRIZ	0.170	4	과거차 문제 /DFM	0.108	5
			설계 검토	0.183	3			
			CAE	0.216	1			
비용 절감	0.284	2	고객요구사항	0.107	6	FMEA	0.200	3
			과거차 문제/DFM	0.109	5			
			FMEA	0.195	3			
			TRIZ	0.166	4	TRIZ	0.169	4
			설계 검토	0.219	1			
			CAE	0.204	2			
문제 해결	0.459	1	고객요구사항	0.080	6	설계 검토	0.207	2
			과거차 문제/DFM	0.116	5			
			FMEA	0.210	3			
			TRIZ	0.207	4	CAE	0.209	1
			설계 검토	0.250	1			
			CAE	0.212	2			

<표 4-7> 혁신제품 AHP 결과 (도면출도 전 그룹)

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.283	3	고객요구사항	0.134	5	고객 요구사항	0.101	6
			과거차 문제/DFM	0.104	6			
			FMEA	0.197	2			
			TRIZ	0.162	4	과거차 문제 /DFM	0.115	5
			설계 검토	0.189	3			
			CAE	0.214	1			
비용 절감	0.299	2	고객요구사항	0.109	6	FMEA	0.203	2
			과거차 문제/DFM	0.113	5			
			FMEA	0.190	3			
			TRIZ	0.182	4	TRIZ	0.176	4
			설계 검토	0.210	1			
			CAE	0.199	2			
문제 해결	0.419	1	고객요구사항	0.076	6	설계 검토	0.201	3
			과거차 문제/DFM	0.123	5			
			FMEA	0.216	1			
			TRIZ	0.180	4	CAE	0.205	1
			설계 검토	0.203	2			
			CAE	0.203	2			

<표 4-8> 혁신제품 AHP 결과 (도면출도 후 그룹)

계층 2	가중치	순위	계층 3	가중치	순위	계층 3	가중치	순위
기간 단축	0.227	2	고객요구사항	0.142	4	고객 요구사항	0.107	6
			과거차 문제/DFM	0.081	6			
			FMEA	0.198	3			
			TRIZ	0.133	5	과거차 문제 /DFM	0.096	5
			설계 검토	0.226	1			
			CAE	0.220	2			
비용 절감	0.222	3	고객요구사항	0.109	5	FMEA	0.198	3
			과거차 문제/DFM	0.099	6			
			FMEA	0.207	3			
			TRIZ	0.128	4	TRIZ	0.148	4
			설계 검토	0.242	1			
			CAE	0.215	2			
문제 해결	0.552	1	고객요구사항	0.091	6	설계 검토	0.224	2
			과거차 문제/DFM	0.101	5			
			FMEA	0.194	3			
			TRIZ	0.162	4	CAE	0.228	1
			설계 검토	0.217	2			
			CAE	0.236	1			

나. AHP 결과 비교

본 연구에서 자동차 부품산업의 신제품 개발 프로세스 초기인 설계단계에서 파생제품과 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 우선순위를 도출하였다. 그리고 <표 4-9>와 같이 파생제품과 혁신제품을 비교한 결과이다. 설계단계의 프론트로딩 효과성에서 파생제품 개발은 비용절감, 혁신제품 개발은 문제해결이 선정되었다. 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 우선순위는 파생제품 1순위는 과거차 문제이고 혁신제품 1순위는 CAE가 선정되었다.

<표 4-9> AHP 결과 비교

계층	순위	가중치	파생제품	가중치	혁신제품
2계층	1	0.437	비용절감	0.459	문제해결
	2	0.331	문제해결	0.284	비용절감
	3	0.252	기간단축	0.256	기간단축
3계층	1	0.248	과거차 문제	0.209	CAE
	2	0.224	설계 검토	0.207	설계 검토
	3	0.200	CAE	0.200	FMEA
	4	0.141	FMEA	0.169	TRIZ
	5	0.094	벤치마킹	0.108	과거차 문제/DFM
	6	0.093	SR	0.107	VOC

V. 결론

1. 연구결과의 요약

세계 자동차 산업의 성장이 둔화하는 반면에 국내 수입자동차 시장의 성장 그리고 가격, 성능, 이미지, 정비 편의성에 대한 소비자 요구를 만족하기 위하여 국내 완성차에서는 다양한 차종을 출시함에 따라 파생제품이 증가하고 있다. 또한, 연비규제로 인한 전동화 자동차 시장이 확대되고, 디지털 전환에 의한 자율주행 기술이 적용된 혁신적인 제품 개발을 진행하고 있다. 이에 효율적으로 신제품을 개발하기 위하여 본 연구에서는 자동차 부품산업의 신제품 개발 프로세스 초기인 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소가 무엇이 있는지와 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위 그리고 적용방안에 관한 연구를 하였다. 파생제품과 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 우선순위를 선정하여 제한된 설계단계 기간 내에 설계 완성도를 향상할 수 있도록 방향을 제시하였다.

II 장에서는 신제품의 여섯 가지 유형과 APQP, GE의 NPI 그리고 DFSS 신제품 개발 프로세스에 활동요소를 조사하고, 선행 연구를 조사하였다. 그리고 선행 연구 조사를 통하여 신제품 개발 프로세스 초기단계의 활동이 문제해결, 개발기간 단축 그리고 비용절감에 영향을 주고 있으며, 초기단계를 강화하는 프론트로딩 전략은 외부에서 관찰이 어려워 모방가능성이 감소하는 보이지 않는 경쟁력 확보를 할 수 있다. 신제품 개발 프로세스 초기단계 활동인 프론트로딩에 대해서 프로젝트 간 ‘지식 프론트로딩’과 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’으로 구분하였다. 또한, 프론트로딩 핵심활동 요소의 우선순위를 도출하고 선정하기 위한 Pugh Matrix와 AHP 방법론을 살펴보았다.

III장 파생제품 개발에서는 고객사에서 부품설계단계에 가이드로 제시한 프론트로딩 여섯 가지 핵심활동 요소의 우선순위를 AHP로 선정하였다. 그리고 고객사에서 제시한 프론트로딩 핵심활동 요소의 중요도와 AHP로 선정된 우선순위와 비교하고 지식 프론트로딩에 관해서 사례연구를 하였다. AHP 모형을 도출하고 설문에 참여한 전문가들은 800여 건의 특허를 보유하고 국내와 해외완성차에 자동차부품을 생산하는 우수 전문 업체의 연구개발 실무자로 선행기술, 신제품, 설계, 해석, 시작, 평가 구성원으로 한정하였다. 일관성 비율(CR)이 0.1 미만인 자료만으로 분석하여 일관성을 확보하였다.

IV장에서 혁신제품 개발에 대해서는 새로운 프론트로딩 핵심활동 요소를 도출하기 위해서 신제품 개발 프로세스의 설계단계 과정을 기술시스템으로 정의하고, APQP, GE의 NPI, DFSS 신제품 개발 프로세스 이론적 고찰을 통하여 활동요소를 비교 분석하여, 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소 후보들을 도출하였다. 도출한 후보의 평가를 위하여 TRIZ 기술시스템의 Engine, Transmission, Tool, Control 네 가지 구성 측면에서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소 평가 기준을 설정한 후, 그 기준에 따라 혁신제품에 대한 설계단계 프론트로딩 핵심활동 요소들을 Pugh Matrix 방법으로 여섯 가지 프론트로딩 핵심활동 요소로 도출하였다. 도출된 프론트로딩 핵심활동 요소에 대해서 우선순위는 AHP를 통하여 선정하였다.

분석 결과는 자동차 부품설계 단계에서 프론트로딩 효과성 측면에서 파생제품의 우선순위는 비용절감, 문제해결, 기간단축 순이고, 혁신제품은 문제해결, 비용절감, 기간단축 순이다. 그리고 설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 여섯 가지는 각각 다음과 같다. 파생제품은 과거차 문제, 설계 검토, CAE, FMEA 그리고 SR 순서이고 혁신제품은 CAE, 설계 검토, FMEA, TRIZ, 과거차 문제/DFM 그리고 VOC 순서이다.

2. 연구결과의 시사점

자동차 부품 산업은 완성차로부터 수주를 받아 신속하고 정확하게 제품을 개발하고 생산 납품하는 전 과정 중에서, 많은 투자비가 드는 금형 착수 전 단계인 부품설계단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소의 가중치를 파생 제품과 혁신제품에 대해서 분석하였다.

먼저, 파생제품 개발 관련 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 결정을 위하여 실무자 49명을 대상으로 AHP 설문조사를 시행하였다.

설문결과 자동차 부품의 제품설계 시 프론트로딩 핵심활동 요소 1순위는 과거차 문제이고 설계 검토, CAE, FMEA, 벤치마킹, SR 순서로 나타났으며, 상위 계층의 프론트로딩 효과성 측면에서 개발 비용절감이 1순위이고, 사전 문제해결, 개발 기간 단축 순으로 나타났다.

2계층 개발비용 절감 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 설계 검토 그리고 과거차 문제, CAE가 도면완성도에 큰 것으로 나타났으며, 사전 문제해결과 개발 기간 단축 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 과거차 문제 그리고 설계 검토, CAE 순으로 나왔다.

다음은, 혁신제품 개발 관련 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 결정을 위하여 실무자 47명을 대상으로 시행하였다.

설문결과 프론트로딩 핵심활동 요소 1순위는 CAE이고 설계 검토, FMEA, TRIZ, 과거차 문제/DFM, SR 순서로 나타났으며, 상위 계층의 프론트로딩 효과성 측면에서 사전 문제해결이 1순위이고, 개발 비용절감, 개발 기간 단축 순으로 나타났다.

2계층 개발 기간 단축 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 CAE 그리고 FMEA, 설계 검토가 도면완성도에 큰 것으로 나타났으며, 개발 비용절감과

사전 문제해결 측면의 6개 평가항목 중에 1순위는 설계 검토 그리고 CAE, FMEA 순으로 나왔다.

자동차 파생제품과 혁신제품의 부품설계 단계에서 프론트로딩 핵심활동 요소 선정과정을 바탕으로 다음과 같은 시사점을 제시할 수 있다.

첫째, 프론트로딩 적용 효과성에서 파생제품은 비용절감, 혁신제품은 문제해결이 1순위로 선정되었다. 파생제품은 기존의 내연기관 자동차의 배출가스 및 연비규제 강화에 대응하기 위하여 비용절감이 절실한 상황에 놓여 있는 것으로 보인다. 혁신제품은 설계 시, 새로운 요구사항과 기능에 대해서 문제를 식별하고 해결하는 문제해결 능력이 연구개발자에 효과적인 것으로 나타났다. 기간단축에 대해서는 완성차 개발 일정에 따라 개발 진행되므로 낮은 순위를 얻었다.

둘째, 파생제품의 부품설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소로 1순위는 이전 프로젝트의 개발과정에 나타난 과거차 문제, 2순위는 설계 검토로 두 가지 모두 <그림 2-14> 'A'의 '지식 프론트로딩'이다. <그림 3-5>의 사례연구를 통해서도 과거차 문제와 설계 검토에 대한 프로젝트 간 지식 전달의 중요함을 알 수 있었다. 또한, 고객사에서 가이드로 제시한 핵심활동 요소의 중요도 1순위도 설계 검토이었다. 특히 자동차의 플랫폼 공용화 정책에 따른 현상으로 이전 차종의 과거차 문제에 대한 설계단계 프론트로딩의 효과가 큰 것으로 나타났다. 반면에 혁신제품에서는 과거차 문제/DFM 핵심활동 요소가 5순위 낮은 우선순위로 떨어졌다.

셋째, 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 요소로 1순위는 전산해석 즉 사전 시뮬레이션으로 검증하는 CAE가 도출되었으며, 제품설계 연구원과 성능 및 신뢰성 해석을 하는 연구원뿐만 아니라 70%의 연구원들이 '신속한 문제해결 프론트로딩'인 CAE에 높은 순위를 부여하였다. 시뮬레이션을

통한 최적화와 기술축적이 제품의 검증능력을 향상시키는 것으로 보인다. CAE는 파생제품의 우선순위 3순위에서 상승하였다. 자동차 부품설계 시 새로운 요구사항과 기능을 만족시키기 위한 혁신제품은 <그림 2-14>에서 'A'인 '지식 프론트로딩'에 의한 문제해결이 적게 되고, 'B'인 '신속한 문제 해결 프론트로딩'의 핵심활동 요소로 최적화와 빠른 실패 경험을 쌓기에 유용한 전산 시뮬레이션이 중요하게 되었다.

넷째, 설계 검토는 파생제품과 혁신제품에서 모두 2순위로 신제품 개발의 설계를 진행하면서 단계별로 설계 검토하는 것에 대해서 높게 평가하였다. 신제품 개발을 진행하면서 설계단계별 타 부문과 합동으로 품질요구사항을 평가하고 문제점을 식별하고 해결책을 제안하기 위한 활동으로 정착되어 효과적인 것으로 여겨진다.

다섯째, 창의적 문제해결 방법의 TRIZ는 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 요소 후보 도출 시에는 높았지만, AHP 우선순위에서는 4순위로 선정되었다. 이러한 현상은 연구개발 최고 선임자들과 실무자들의 견해 차이가 있다.

여섯째, SR 또는 VOC는 파생제품과 혁신제품에서 모두 우선순위에서 가장 낮은 순위를 얻었다. 이러한 결과는 자동차 산업의 안정화되고 정착화된 요구사항에 대해서 부품업체에서는 여러 해 동안 잘 습득되어서 상대적으로 낮은 순위를 얻었다고 사료된다.

그리고 본 연구에서 AHP 설문 응답 자료 40여 개를 분석함으로써 연구의 신뢰성 확보에 노력하였으며 적용방안은 다음과 같다,

첫째, 실무적인 관점에서 증가하는 신차 개발 차종과 주 52시간 업무환경 속에서 자동차부품 설계실무자들이 신제품의 설계단계에서 업무 효율성 측면에서 우선으로 적용할 수 있는 프론트로딩 핵심활동 요소 여섯 가지를 AHP를 활용하여 우선순위를 제안하였다는 점이다.

둘째, 혁신제품과 같이 새로운 설계단계 프론트로딩 핵심활동 요소 도출 시, TRIZ 기술시스템의 네 가지 구성으로부터 체계적인 평가 기준 정의와 Pugh-Matrix 기법을 접목한 선정평가 방법을 제안함으로써 자동차 부품 설계 실무에서보다 간편하고 빠른 의사결정 수단을 제시하였다.

셋째, 프론트로딩 전략에 있어서 프로젝트 간 ‘지식 프론트로딩’과 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’ 두 가지를 파생제품 개발은 ‘지식 프론트로딩’의 강화하고 혁신제품 개발은 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’ 적극적으로 활용하는, 특히 기능과 성능은 CAE로 사전에 컴퓨터로 검증능력의 신뢰성을 높이는 것이 중요하다고 하겠다.



3. 연구의 한계점 및 향후 연구 방향

본 연구는 시사점에도 불구하고 한계점을 가지고 있다. 우선 부품개발 프로세스 중 연구개발의 설계단계에 한정된다는 점이다. 하나의 자동차부품 업체를 대상으로 한 전문가 집단으로만 설문 그룹을 구성한 점이 그러하다. 그리고 혁신제품 개발에 있어서 설계단계의 프론트로딩 핵심활동 요소에 관한 우선순위를 AHP를 통하여 도출하였으나 사례연구는 현재 개발 진행하는 과정으로 본 연구에서 검증하지 못한 한계점을 가지고 있다.

이러한 한계점을 바탕으로 향후, 혁신제품에 대해서 설문지 방식 외에 혁신제품의 프론트로딩 핵심활동 요소에 대한 사례 연구를 뒷받침하고, 자동차 부품개발의 전체 프로세스에 관한 계층모형 연구와 프론트로딩 핵심활동 요소 우선순위 도출에 관한 연구가 진행되어야 할 것이다. 그리고 현재 자동차 산업이 빠른 속도로 전환하는 환경에서 혁신제품의 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’을 위한 핵심활동 요소 발굴과 적용에 관한 연구가 필요하다. 특히 DPA(Digital Pre Assembly, 디지털 설계품질 확인), CPS(Cyber Physical System, 사이버 물리 시스템), 디지털 트윈(Digital Twin), 디지털 전환의 핵심활동 요소가 얼마나 ‘신속한 문제해결 프론트로딩’에 영향이 있는지에 대해서 진행된다면 급변하는 환경에 신제품 개발 프로세스 효율성 향상에 이바지할 것으로 기대한다.

참고 문헌

1. 국내 문헌

고두균(2003), “R&D 6시그마 도입에 따른 신제품 개발의 성과에 관한 연구,”
건국대학교 박사학위논문.

고명준·임종완·이전일·황다혜·조재탁·손권·노상도·권혁진·이주연·김보현
(2016), “조립성 분석을 위한 3D CAD 모델 기반 DFA 시스템,” 한국
CDE 학회 학술발표회 논문집, 737-743.

김광재·민대기·김덕환·이팔훈·이승현·최봉(2005), “DFSS/C의 CTQ 후보 체계
적인 도출을 위한 체계적 방법론 연구,” 품질경영학회지, 33(2), 74-86.

김시호(2019), “자동차 산업에 다가오는 디지털 트랜스포메이션과 밀레니얼
세대,” 오토저널, 41(8), 74-76.

김양렬(2012), “의사결정론 2판,” 명경사.

김영국(2013), “현대자동차 플랫폼 전략 분석-제품기반 및 생태계기반 플랫폼을
중심으로,” 고려대학교 석사학위논문.

김재휴·이강인(2011), “APQP와 DFSS를 연계한 자동차부품연구개발 단계
에서 품질보증에 관한 연구,” 품질경영학회지, 39(1), 131-140.

김태운(2010), “자동차 산업에서 신차개발기간 단축에 대한 성공요인분석,”
경북대학교 석사학위논문.

- 김형일·신영재(2019), “블루오션 전략과 비즈니스 트리즈를 활용한 혁신적 신제품 개발 방안 연구-식음료사업을 중심으로,” 한국경영공학회지, 24(2), 35-53.
- 김효준·정세호(2004), “TRIZ를 이용한 창의적 문제해결-창의적 사고기법으로서 트리즈의 타당성,” 지식경영 학술심포지움, 13, 135-143.
- 남현우·고승곤(2017), “자동차 IT 전장 분야 품질 혁신을 위한 식스 시그마 개선 방법의 적용,” 창조와 혁신, 10, 1-28.
- 민경찬·강성룡(2005), “프서비스 상품 및 프로세스 개발을 위한 DFSS 전개,” 대한경영학회, 67-76.
- 박병학·옥영석(2020), “혁신제품개발을 위한 프론트로딩 Tools 선정-자동차 부품 설계단계 중심으로,” 한국경영공학회지, 25(1), 61-73.
- 박병학·옥영석·천동필·박세훈(2019), “신제품개발을 위한 프론트로딩 요소 우선순위 도출,” 산업경영시스템학회지, 42, 31-38.
- 박성현·김광현(2000), “R&D부문의 6σ 설계에 관한 고찰,” 품질혁신, 1(1), 51-65.
- 박종락(2011), “자동차 산업의 DFSS 성공 요인에 관한 연구,” 성균관대학교 석사학위논문.
- 박지희·유현석·박미영(2009), “생태통로 우선 설치지역의 평가항목 중요도 분석-AHP 기법을 적용하여,” 환경영향평가, 18(5), 301-312.
- 배문형(2015), “신제품 개발을 위한 APQP의 Tailoring 및 적용에 관한 연구,” 창원대학교 석사학위논문.

- 송재영(2013), “ISO26262, APQP를 고려한 제품개발 프로세스 설계제안,”
충남대학교 석사학위논문.
- 심재익·조병섭·윤수영·오재인(2012), “R&D의 IT 활용이 인지된 신제품
개발생산성에 미치는 영향-동적역량을 중심으로,” 한국경영정보학회
학술대회, 465-487.
- 오준배(2014), “TRIZ 도입이 기업의 경영성과에 미치는 영향에 관한 연구,”
고려대학교 석사학위논문.
- 위강순·조용성(2017), “계층분석방법을 이용한 해외 환경시장진출 지원정책
평가 및 개선방안 연구-국내 중소기업의 중국 환경三廢분야 진출을
중심으로,” 환경정책, 25(1), 163-187.
- 윤수창(2007), “신제품개발 시 협력업체의 양산품질확보방안 연구-자동차 2차
협력사의 APQP 활동 과정에서의 영향중심으로,” 한양대학교 석사학위논문.
- 윤재욱·김보형(2008), “제조부문과 사무간접/서비스부문의 6 시그마 프로세스
개선활동 비교분석,” 품질경영학회지, 36(4), 37-46.
- 이강균(2005), “4세대 R&D 전략을 통한 Lean DFSS 방법론에 관한 실증적
연구,” 서경대학교 박사학위논문.
- 이건봉(2017), “신제품개발과정과 시간효율성 관계에서 정보화통합과 공식
화통합의 조절효과에 관한 연구,” e-비즈니스연구, 18(1), 189-204.
- 이경원(2006), “트리즈 (러시아의 창의적 문제 해결 이론) 의 기능, 이상성과 자원
분석만을 활용한 혁신적인 설계사례,” 대한기계학회 춘추학술대회,
3165-3170.

- 이병휘·이상복(2018), “환경변화에 따른 자동차 산업 경영환경 조성 방안 연구,” 한국품질경영학회 추계학술발표논문집, 127-133.
- 이성곤·젠토·모기·김종욱(2008), “Fuzzy AHP 기법을 적용한 에너지기술 개발전략 우선순위 연구,” 신재생에너지, 4(1), 19-24.
- 이용표(2005), “[특집 신제품개발프로세스] 신제품 개발 프로세스,” 오토저널, 27(1), 17-24.
- 이준섭·조재립(1999), “경영환경 변화와 IQM/Session9/제품개발-품질경쟁력 강화를 위한 신제품개발 프로세스인 미국 GE 사의 NIP (New Product Introduction) 에 대한 고찰,” 한국품질경영학회 추계학술발표논문집, 1, 401-412.
- 이현욱·한정희·김병근(2016), “신제품 개발 프로세스 변환의 성공 요인에 관한 사례연구,” 한국 IT 서비스학회지, 15, 175-191.
- 임은선(2006), “계층분석과정(AHP)-선택의 기로에서 합리적으로 판단하기,” 국토, 128-135.
- 장양례(2012), “지속가능한 에코투어리즘 평가지표 개발 연구-계층적(AHP) 분석방법을 활용한 전문가들을 대상으로,” 관광연구, 27(2), 455-475.
- 장호중(2019), “근로시간단축이 직원의 동기부여, 직무몰입 및 업무성장에 미치는 영향에 대한 연구,” 한양대학교, 박사학위논문.
- 전동진(2019), “APQP 기반의 효율적 자동차 부품개발을 위한 정량적 평가 모형의 개발,” 인천대학교 박사학위논문.
- 전혁(2010), “신제품 개발 프로세스에 대한 연구,” 경원대학교 석사학위논문.

- 정영철·정선양(2015), “혁신클러스터의 성공요인에 관한 연구,” 한국기술혁신학회, 5, 574-589.
- 조근태·조용곤·강현수(2003), “계층분석적 의사결정,” 동현출판사.
- 조용화(2015), “개발제품의 완성도 향상을 위한 제조 융합 시뮬레이션 시스템 효과-S社 사례 중심,” 디지털융복합연구, 13(6), 91-103.
- 최선구(1996), “AHP의 가중치 계산법간의 비교연구,” 숭실대학교 석사학위논문.
- 최제림(2019), “자동차 완성업체와 부품업체의 가치 전략 중점 연계성,” 한양대학교 박사학위논문.
- 편제범·정의범(2018), “키워드 네트워크 분석을 이용한 NPD 연구의 진화 및 연구동향,” 한국산업정보학회논문지, 23(5), 119-134.
- 하영원·박홍수(2001), “한국, 미국, 일본의 신제품 성공요인에 관한 비교연구,” 경영학연구, 30(2), 531-556.
- 한국품질환경인정협회[역](2008), “사전제품품질계획(APQP) 및 관리계획서: 참고매뉴얼,” 크라이슬러사, 포드사, 제너럴모터스사.
- 한상영(2019), “일본의 산업 디지털 전환 정책 분석,” 한국기술혁신학회 학술대회, 753-779.
- 한석희(2009), “대한국민 기업들이여, 프론트로딩하라,” BB미디어.
- 허필우, 이민규, & 천동필. (2019)), “기술지주회사 자회사의 기술사업화 애로요인 분석-부산지역을 중심으로,” 한국혁신학회지, 14(1), 61-94.

홍성훈·권혁무·김동준·이민규(2012), “ISO 26262 제품개발 프로세스와 연계된 DFSS 로드맵의 개발,” 산업공학 (IE interfaces), 25(4), 393-404.

홍일성·신승준·이민규(2019), “중소기업의 차세대 R&D를 위한 제품로드맵 템플릿 개발,” 산업경영시스템학회지, 42(1), 115-128.



2. 해외 문헌

Andreasen, M. M., Kähler, S., Swift, K. G., & Lund, T. (1988), "Design for assembly," IFS Publications.

Attridge, A., Williams, M. A., & Tennant, C. (2007), "The role of physical modelling in the design verification stage of the automotive NPI process in the premium sector," International journal of automotive technology and management, 7(1), 32-54.

Banuelas, R., & Antony, J. (2004), "Six sigma or design for six sigma," The TQM magazine, 16(4), 250-263.

Belay, A. M., Welo, T., & Helo, P. (2014), "Approaching lean product development using system dynamics: investigating front-load effects," Advances in Manufacturing, 2(2), 130-140.

Booz, Allen & Hamilton. (1982). Hamilton.(1982), "New product management for the 1980's," New York, Inc. 24p.

Bukhman, I. (2012), "TRIZ technology for innovation," Cubic Creativity Company.

Burge, S. (2009), "The Systems Engineering Tool Box-Pugh Matrix (PM)," Strathclyde University, Glasgow, Scotland.

Carbone, T. A. (2005), "Integrating operations and product development methodologies for improved product success using advanced product

- quality planning,” In IEEE/SEMI Conference and Workshop on Advanced Semiconductor Manufacturing 2005. (pp. 228-233). IEEE.
- Cascini, G., Rotini, F., & Russo, D. (2009), “Functional modeling for TRIZ-based evolutionary analyses,” In DS 58-5: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 5, Design Methods and Tools (pt. 1), Palo Alto, CA, USA, 24.-27.08.
- Creveling, C. M. (2005), “9.3. 2 Enhancing Commercial Systems Engineering with Design For Six Sigma,” In INCOSE International Symposium (Vol. 15, No. 1, pp. 1352-1376).
- Creveling, C. M., Slutsky, J., & Antis, D. (2003), “Design for Six Sigma in technology and product development,” Prentice Hall Professional.
- Cudney, E. A., & Furterer, S. L. (Eds.). (2012), “Design for six sigma in product and service development: Applications and case studies,” CRC Press.
- Datar, S., Jordan, C. C., Kekre, S., Rajiv, S., & Srinivasan, K. (1997), “Advantages of time-based new product development in a fast-cycle industry,” *Journal of Marketing Research*, 34(1), 36-49.
- Danneels, E., & Kleinschmidt, E. J. (2001), “Product innovativeness from the firm's perspective: Its dimensions and their relation with project selection and performance,” *Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association*, 18(6), 357-373.

- EATON, (2014), "Advanced Product Quality Planning(APQP) and Production Part Approval Process(PPAP)," CQD-116, Rev 1,
- Franek, J., & Kresta, A. (2014), "Judgment scales and consistency measure in AHP," *Procedia Economics and Finance*, 12, 164-173.
- Fujimoto, T. (1999), "The evolution of a manufacturing system at Toyota," Oxford university press.
- Gendron, M., & Shanks, G. (2003), "The Categorical Information Quality Framework (CIQF): A critical assessment and replication study," *PACIS 2003 Proceedings*, 43.
- Goffin, K., & Mitchell, R. (2016), "Innovation management: effective strategy and implementation," Macmillan International Higher Education.
- Haque, B., & James-Moore, M. (2004), "Applying lean thinking to new product introduction," *Journal of Engineering design*, 15(1), 1-31.
- Huang, G. Q., & Mak, K. L. (1997), "The DFX shell: A generic framework for developing design for X tools," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 13(3), 271-280.
- Imai, N. (2017), "Front-Loading: Key Concept of Strategy for Business Innovation in Japanese Automobile Industry," In *Management of Innovation Strategy in Japanese Companies*, 131-143.
- Junichi Tomita (2004), "Customer system orientation in the new product

development process,” World Conference on POM and ,Cancun, Mexico, April 30 May 3.

Kerga, E., Schmid, R., Rebentisch, E., & Terzi, S. (2016), “Modeling the benefits of front-loading and knowledge reuse in lean product development,” In 2016 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET), 2532-2542. IEEE.

Kiemele, M. J. (2003), “Using the design for six sigma (DFSS) approach to design, test, and evaluate to reduce program risk,” NDIA Test and Evaluation Summit Victoria, British Columbia.

Kulkarni, A., van Dijk, R., van den Berg, T., & Rocca, G. L. (2017), “A knowledge based engineering tool to support front-loading and multi-disciplinary design optimization of the fin-rudder interface,” In Aerospace Europe 6th CEAS Conference, Vol. 680.

Leifer, R., McDermott, C. M., O'connor, G. C., Peters, L. S., Rice, M. P., & Veryzer Jr, R. W. (2000), “Radical innovation: How mature companies can outsmart upstarts,” Harvard Business Press.

Leon, H. C. M., Farris, J. A., & Letens, G. (2012), “Improving product development performance through iteration front-loading,” IEEE Transactions on Engineering Management, 60(3), 552-565.

Mark Lind & Thomas Gill (2015), “Secrets to Eliminating Disparate APQP Systems a case study,” AIAG.

- Miller, G. A. (1956), "The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information," *Psychological review*, 63(2), 81.
- Mittal, K., Kaushik, P., & Khanduja, D. (2012), "Evidence of APQP in quality improvement: An SME case study," *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 7(1), 20-28.
- Morgan, J., & Liker, J. K. (2006), "The Toyota product development system: integrating people, process, and technology," *Productivity press*.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1986), "The new new product development game," *Harvard business review*, 64(1), 137-146.
- Nurcahyanie, Y. D., Singgih, M. L., & Dewi, D. S. (2020), "Conceptualizing DFSS an analysis of 107 studies," In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 722, No. 1, p. 012055. IOP Publishing.
- Page, A. L. (1993), "Assessing new product development practices and performance: Establishing crucial norms," *Journal of Product Innovation Management*, 10(4), 273-290.
- Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988), "Servqual: A multiple-item scale for measuring consumer perc," *Journal of retailing*, 64(1), 12.
- Parnaby, J. (1995), "Design of the new product introduction process to

- achieve world class benchmarks,” IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology, 142(5), 338-344.
- Patil, V. S., Andhale, S. R., & Paul, I. D. (2013), “A review of DFSS: methodology, implementation and future research,” Int J Innov Eng Technol, 2(1), 369-375.
- Saaty, T. L. (1977), “A scaling method for priorities in hierarchical structures,” Journal of mathematical psychology, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L., & Tran, L. T. (2007), “On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the Analytic Hierarchy Process,” Mathematical and Computer Modelling, 46(7-8), 962-975.
- Shahin, A. (2008), “Design for Six Sigma (DFSS): lessons learned from world-class companies,” International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, 4(1), 48-59.
- Sheremata, W. A. (2002), “Finding and solving problems in software new product development,” Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development Association, 19(2), 144-158.
- Shina, S. (2002), “Six Sigma for electronics design and manufacturing,” McGraw-Hill, Inc..
- Snehvrat, S., & Dutta, S. (2018), “Multi-level ambidexterity in new product introduction at Tata Motors, India,” Journal of Organizational Effectiveness: People and Performance.

- Soderborg, N. R. (2004), "Design for six sigma at ford," In Six Sigma Forum Magazine (Vol. 4, No. 1). ASQ.
- Stalk, G. (1988), "Time the next source of competitive advantage," Harvard Business Review, 66(4), 41-51.
- Thomke, S. H. (1998), "Managing experimentation in the design of new products," Management Science, 44(6), 743-762.
- Thomke, S., & Fujimoto, T. (2000), "The effect of front-loading problem solving on product development performance," Journal of Product Innovation Management: An International Publication of the Product Development & Management Association, 17(2), 128-142.
- Tian, G., Zhang, H., Zhou, M., & Li, Z. (2017), "AHP, gray correlation, and TOPSIS combined approach to green performance evaluation of design alternatives," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 48(7), 1093-1105.
- Titu, M. A., & Cupsan, V. C. (2019), "Review of Advanced Product Quality Planning(APQP) in the Aerospace Industry," 11th Research/Expert Conference with International Participation QUALITY 2019, Neum, B&H, June 14-16.
- Trygg, L. (1991), "The Need for Simultaneous Engineering in Time Based Competition," IMIT.
- Tuna, S., & Windisch, G. (2014), "Efficient front-loading through knowledge integration," International Journal of Product Development,

19(5-6), 286-306.

Ulrich, K. T., & Pearson, S. A. (1993), "Does product design really determine 80% of manufacturing cost?," Working paper 3601-93-MSA, Sloan School of Management, MIT.

Vargas, L. G. (1990), "An overview of the analytic hierarchy process and its applications," *European journal of operational research*, 48(1), 2-8.

Verganti, R. (1997), "Leveraging on systemic learning to manage the early phases of product innovation projects," *R&D Management*, 27(4), 377-392.

Viale, J. D. (1998), "New product introduction: a systems, technology, and process approach," Thomson Crisp Learning.

Von Hippel, E., & Tyre, M. J. (1995), "How learning by doing is done: problem identification in novel process equipment," *Research policy*, 24(1), 1-12.

Watkins, M. and Clark, K. (1994), "Strategies for managing a project portfolio," Working Paper, Harvard Business School, 93-004.

Wellings, T., Williams, M., & Tennant, C. (2005), "Tactility, craftsmanship and the NPI process," *SAE transactions*, 1104-1110.

설문지

프론트로딩이 도면완성도에 미치는 영향

신제품 개발에 있어서 설계단계 다음 금형을 제작한 후 설계변경을 하면 금형 수정 기간과 비용이 발생한다. 그러므로 설계단계에서 프론트로딩 활동이 필수적이다.

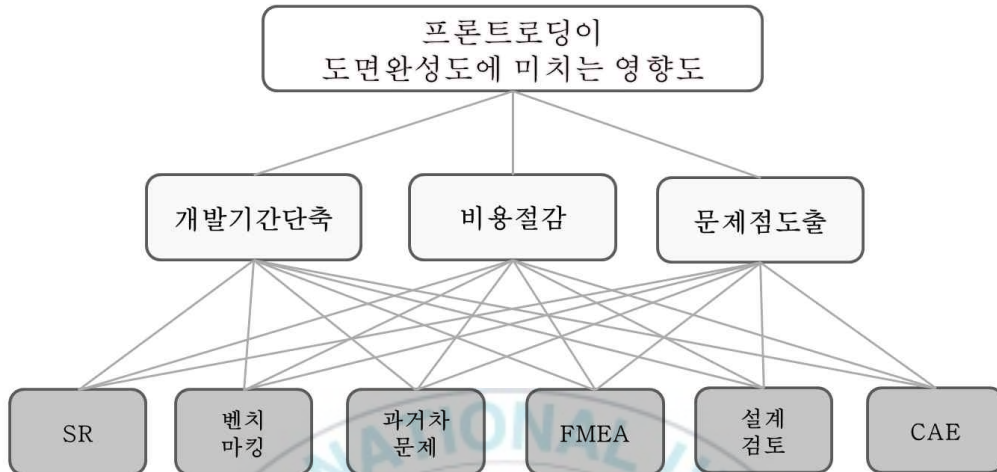
프론트로딩 전략이란, 신제품 개발 프로세스의 문제점을 초기단계에, 가능하면 양산개발과 양산에서 발생하는 문제들을 사전에 더 적은 노력과 비용으로, 빨리 그리고 더 근본적으로 해결하는 전략을 말한다.

프론트로딩 활동요소: SR-벤치마킹-과거차문제-FMEA-DR-CAE

중요도의 평가 척도

1	동등
2	조금
3	약간
4	상당히
5	많이
6	매우 많이
7	아주 많이
8	대단히 많이
9	극히 많이

AHP 계층화



질문 1. 당신은 프론트로딩으로 인한 성과영향도 평가기준 중, 어느 기준이 얼마나 더 중요하다고 생각하십니까?

기준	← 월등 →																		기준
기간 단축	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	비용 절감	
기간 단축	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	문제 도출	
비용 절감	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	문제 도출	

질문 2. 당신은 프론트로딩이 기간단축 측면에서 어느 활동요소가 얼마나 더 중요하다고 생각하십니까?

기준	← 월등 →																		기준
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	벤치 마킹	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	과거차 문제	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	과거차 문제	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
DFMEA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
DFMEA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
DR 도면검토	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	

질문 3. 당신은 프론트로딩이 비용절감 측면에서 어느 활동요소가 얼마나 더 중요하다고 생각하십니까?

[illegible]

질문 4. 당신은 프론트로딩이 문제도출 측면에서 어느 활동요소가 얼마나 더 중요하다고 생각하십니까?

기준	←──────────────────→																		기준
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	벤치 마킹	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	과거차 문제	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
SR 고객요구	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	과거차 문제	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
벤치 마킹	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DFMEA	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
과거차 문제	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
DFMEA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	DR 도면검토	
DFMEA	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	
DR 도면검토	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAE 전산해석	

감사의 글

‘걷는 자만이 앞으로 갈 수 있다’는 진리와 ‘스스로 努力하는 誠實한 태도’, ‘일곱 가지 習慣’ 그리고 ‘모두 제자리’, ‘고요’라는 지침에 감사드리며, 저를 존재하게 해주신 사랑하는 부모님과 작은아버지 그리고 조상님께 감사드립니다. 학위과정을 마치며 더욱 부족한 마음 느끼며, 학업을 마칠 수 있도록 그동안 기다려주시고 많은 응원과 가르침 주신 분들이 있어서 이 과정이 행복했습니다. 행복한 마음의 감사 인사를 드립니다.

먼저, 기다림 속에서도 독려해주시고 지도해 주신 옥영석 지도교수님께 감사의 말씀을 전합니다. 좀 더 향상된 목표를 지도해 주시고 마무리하지 못한 부분을 명확하게 지적해 주셔서 향후 연구에 대한 방향을 잡아주신 광기호 교수님과 조규성 교수님께 감사의 말씀을 전합니다. 마지막까지 세부적으로 검토해 주시고 독려와 지도를 해주신 강인철 교수님과 이정훈 박사님께도 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 바쁜 일정 속에서도 상세한 설명으로 지도를 주신 천동필 교수님께도 감사드립니다.

학업 시작과 길을 안내해 주신 회장님과 사장님께 감사의 말씀을 드립니다. 그리고 옆에 지켜보면서 응원해 준 도종욱, 손성만, 정명섭, 박상언, 이상제, 이상래, 김대현, 유경선, 이영득, 이동윤, 광영호, 박상현 등등 많은 직장 동료분들께 감사드립니다.

2016년도 박사과정에 입학한 박세훈, 홍일성, 이철원, 허필우 박사님 모두에게 감사드립니다. 워크샵에서 서로 연구하는 주제에 대해서 토론하고 자료도 찾아주며 함께했던 기쁨의 순간과 아쉬운 청춘의 꽃이 떨어진 슬픔의 순간, 그리고 지금까지 프론트로딩에 대해서 서로 논의하고 부족한 부분을 채워주고 동고동락한 박세훈 박사님께 감사를 전합니다.

또한, 박경렬 동생에게도 고마움을 전합니다. 졸업해서도 걱정하며 응원해주신 김숙자, 김무현, 원석래, 유성진, 조경호, 김건오, 김원규, 이희중, 임채현, 이영규, 최명숙 선생님 등 원우회 분들과도 기쁨을 나누며 감사드립니다. 그리고 늦게나마 DFSS 이후 연구개발은 MOT라고 말씀해 주시며 책도 선물해 주신 김상천 선생님께 감사를 전하고 싶습니다.

끝으로, 삶의 방향에 대해서 함께 이야기를 나눈 형님과 형수님, 매형 두 분, 본인들 몸처럼 언제나 건강 걱정해 주신 누님들, 마야와 매제 그리고 장모님, 처남과 동서 등 가족 행사에 부족해도 양해를 해주시고 응원해주셔서 감사드립니다. 박사과정을 진행하는 동안 힘든 와중에도 내조한 아내 오은경에게 사랑한다고 전하고 싶으며, 당신의 학업에 이젠 앞선 사람으로서 도움이 되길 힘쓰겠습니다. 우리의 꿈나무이며 자랑스러운 동민, 동석, 찬웅, 지웅, 현웅, 세원, 민재, 나현, 수민, 윤성 사랑합니다.

그동안 여러모로 도와주신 모든 분들께 다시 한번 머리 숙여 감사의 인사를 드립니다.

박병학 배상