

## “DMAIC 기반 배터리 생산시스템 과제해결방법론”의 효율성 및 적합성 평가: 개선을 위한 적용 가능성 연구

박신철<sup>1)</sup>, 이주연<sup>2)\*</sup>, 정명석<sup>2)\*</sup>

1),2) 아주대학교 과학기술정책학과

### Evaluation of Efficiency and Conformity of DMAIC-Based Battery Production System Challenge Solving Methodology: A Study on the Applicability for Improvement

Shin Chul Park<sup>1)</sup>, Joo Yeoun Lee<sup>1)\*</sup>, Myoung Sug Chung<sup>1)\*\*</sup>

1) Graduate School of Science Technology Policy, Ajou University

**Abstract** : The DMAIC methodology, which is most familiar to battery production system developers, is partially inadequate in its conformity to utilize battery production system tasks, so it is necessary to improve the function and structure of the methodology, but many battery production system developers use the DMAIC method based on experience, causing side effects such as confusion, delay in tasks, and insufficient performance during tasks. Accordingly, we intend to conduct an empirical study to improve the "efficiency improvement and conformity evaluation method" so that the DMAIC methodology can be used more reasonably and easily. Using the three-stage research model, we derive components that affect conformity through literature and questionnaire surveys in the first stage, use relational characteristics between components in the second stage to confirm the effect on conformity, and use the relational characteristics in the third stage to confirm the possibility of improving efficiency by applying them to the DMAIC methodology in actual cases. Finally, the "Conformity Assessment Index (CAI) equation" based on relational characteristics is established to enable effective conformity evaluation and continuous improvement.

**Key Words** : DMAIC, problem solving method, system developer, battery production system, components, a conformity assessment index

---

**Received:** April 20, 2024 / **Revised:** May 28, 2024 / **Accepted:** June 11, 2024

\*Corresponding Author:

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

삼정 KPMG(2023)에 따르면, 최근 배터리산업에서는 친환경 자동차의 폭발적인 성장으로 자동차 메이커와 배터리 제조업 간 글로벌 파트너십이 강화됨에 따라, 자동차 모델, 배터리 제품, 배터리 생산 시스템의 연계 플랫폼화 요구가 증가하고 있다.[1]

2024 인터배터리 행사를 통해 알 수 있듯이, 혁신기술(CTP, Cell to Pack 등)과 다양한 소재 기반의 제품 포트폴리오 사업이 치열하게 변화 및 진행중으로, 지속적인 배터리 생산시스템의 재설계, 기능 개선, 성능 향상 과제가 발생하고 있다.

현대자동차그룹(2023)과 Karsten(2018) 또한 자동차 배터리의 기본적인 요구사항인 고품질, 고안전성 생산시스템 설계, 구축 요구 외 최신 디지털 기술을 바탕으로 지속적인 배터리 생산시스템의 개선 및 차별화 업그레이드 요구가 높아지고 있다고 판단하였다.[2],[3]

‘19년~22년 국내 모 대기업 생산시스템 개발 Expert의 35개 시스템 개발 및 개선 과제를 분석해보면, 표 1와 같이 16/35건(45.7%)이 Digital Technology를 활용하여 생산시스템 개발 및 개선 과제를 해결한 것을 확인할 수 있다.

<Table 1> DT Application status of a company

Digital Technology	건수	%
3D Vision	2	5.7
APC(Advanced Process Control)	5	14.3
AI	5	14.3
CAE(Computer Aid Engineering)	2	5.7
Robot	2	5.7
합계	16	45.7

또한 매년 고객의 신제품 기획과 배터리 신규 제품의 설계에 맞추어 배터리 생산시스템의 전면적 또

는 부분적 재설계, 개선이 발생하고 있다.

배터리 생산시스템의 주요 특징을 간략히 정리하면, 크게 셀, 모델, 팩 생산 공정으로 구성된 복합적인 생산시스템이다.

상위 생산시스템은 자동차, 스마트폰, IT, 산업공구 등 다양한 B2B, B2C 제품 생산시스템과 연계된 복합체로 볼 수 있다.

셀 공정의 하위 생산시스템은 믹싱, 극판, 권취, 조립, 화성 공정으로 구성된다.

믹싱, 극판, 권취, 조립, 화성 공정은 각 공정을 구성하는 생산설비가 있고, 이러한 생산설비는 다시 다양한 부품으로 구성된 복합적인 생산시스템이라고 볼 수 있다.

이러한 배터리 생산시스템의 특성상, 한 부분의 개선 또는 변경이 전체 생산시스템에 영향을 미치게 된다.

특히, 자동차 배터리의 경우 고안정, 고품질, 고신뢰성, 내구성을 충족하는 제품 생산이 가능한 최첨단 생산시스템의 설계, 구축, 운영을 요구한다.

아울러, 다양한 파트너사의 요구사항과 사회적 책임(규제 및 의무)의 준수는 나날이 더 높은 관리(탄소 발자국, 오·폐수 관리 등) 수준을 요구하고 있다.

이러한 요구에 대응하기 위하여, 국내 모 대기업에서는 배터리 생산시스템 개발과제의 성공적인 결과 확보를 위하여 배터리 생산시스템 설계자를 대상으로 과제 해결 방법론과 기술교육으로 구성된 5주 집합 교육(설비 / 공정 전문가 과정)을 제공하고 있다.

표 2와 같이 다양한 과제 해결 방법론 교육을 제 공함에도 불구하고, 23년 10월 실시한 생산시스템

<Table 2> Expert Education Program

	월	화	수	목	금
1 주	Mind Map	Visual Thinking	TRIZ L1		
2 주	Define	Measure	Analyze	Improve	
3 주	Improv		평가 및 진단 장비실습		
4 주	FMEA		Function Design & Analysis		
5 주	SPC	FTA	Spotfire	시스템 구조적 7 단계	

개발 Expert 인터뷰와 설문조사 결과에서는“생산시스템 개발자 과제 해결 방법론으로 적합한 방법이 없다. 우리는 분석할 Data가 없다.”라는 의견이 많이 도출되었다.

이러한 개발자의 VOC(Voice of Customer)로부터, 배터리 생산시스템 개발자 과제에 대해 보다 바람직한 과제 해결 방법론을 갖추어야 할 구성요소와 적합성의 향상과 평가 방법에 대한 연구의 필요성이 발생하였다.

대부분의 배터리 생산시스템 개발자는 각자의 경험에 기초한 종전 과제 해결 방법론을 채택, 과제를 수행함에 따라 과제 해결 과정에서 불필요한 활동 발생, 과제 지연, 성과 미흡, 지속적인 보완-개선요구 발생 등의 부작용을 경험하고, 심지어 왜 이러한 부적합이 발생했는지도 모른 채 그 원인을 개인의 역량 부족으로 간주하는 경우가 많다.

이러한 문제는 근본적으로, 다양한 과제 해결 방법론의 배터리 생산시스템 개발자 과제 적용 시, 그 적합성을 판단할 수 있는 합리적인‘평가 방법과 효율성 향상’에 대한 연구의 미흡에 따른 결과라고 볼 수 있다.

김중만 외(2016)는 다양한 과제 해결 방법론 중에서도 DMAIC가 1987년 모토롤라사에 의해 처음으로 프로그램이 개발된 이후 산업현장에서 현재까지 꾸준히 사용되고 있는 문제해결 방법론이라고 주장한다.[4]

권혁무 외(2018)는 2010년부터 시작된 디지털 산업혁명 하에서 DMAIC를 활용할 때, 각 단계별 변화(진행 목적, 추진 내용, 도구)의 필요성을 주장하였다.[5]

DMAIC는 5개 단계로 구성된 문제해결 방법론으로, 각 단계별 목적과 산출물에 따른 활동을 요구한다.

정의(Define) 단계는 고객의 Needs를 분석하고, 개선 대상 공정과 직접적으로 관련되는 CTQ(Critical to Quality)를 구체화하는 단계이다.

측정(Measure) 단계는 CTQ를 측정할 수 있는 관련 지표(Y, Metrics)를 설정하고, 현 수준과 목표

수준을 수립하는 단계이다.

분석(Analysis) 단계는 문제의 핵심이 되는 근본 원인을 정성적, 정량적 분석을 통해 진단하는 단계이다.

개선(Improve)단계는 규명된 원인들의 최적조건을 설정하여, 목표 수준까지 도달 가능한지 그 유효성과 재현성을 검증하는 단계이다.

마지막으로 관리(Control) 단계는 개선 효과가 유지되도록 핵심원인에 대한 실수 방지, 표준화, 모니터링 계획 수립을 하는 단계이다.

DMAIC는 국내 모 대기업 배터리 생산시스템 개발자에게도 가장 익숙하고 많이 활용되고 있는 방법이지만, 그것조차도 적합성 설문 조사 결과 6.5/10 점 수준으로, 배터리 생산시스템 개발자 과제 적합성이 “다소 낮음” 수준으로 나타나 적합성 향상 및 평가를 할 수 있는 방법에 대한 연구가 절실하다고 할 수 있다.

## 1.2 연구의 목적

Newell과 Simon(1972)은 어떤 과제가 처음 접하는 과제인 경우, 일반적인 문제해결 방법을 사용하게 되고, 일반적인 문제해결 방법은 현 문제 상태와 목표 상태 또는 하위 목표 상태를 인지하고, 그 차이를 줄일 수 있는 조작자(방법)를 선정하는 것이고, 조작자는 행위(Actions)와 행위조건(Conditions)으로 구성되어 있다고 주장하였다.[6]

생산시스템 과제 해결 방법론 관점에서 보면, 이상적인 과제 해결 방법론이란, ‘다양한 이해관계자의 목표 상태, VOC(Voice of Customer)를 보다 효과적이고 용이하게 소화할 수 있는 조작자, 즉 기능(Actions)과 구조(Conditions)를 과제 해결 방법이 갖추고 있는가?’라고 정리할 수 있을 것이다.

결국 다양한 이해관계자가 요구하는 하위 목표 상태인 핵심요구특성(CTQ, Critical to Quality)과 방법론의 조작자인 기본요소(구조와 기능) 도출을 통해, 보다 다양한 문제 해결 방법론의 효율성 향상 및 적합성을 객관적이고 정량적으로 쉽게 평가할 수 있는 평가 방법을 제공할 수 있게 된다.

이러한 평가 방법으로 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결에 대한 보다 바람직한 방법론 선정이 가능하고, 선정된 방법의 부적합한 요구특성(CTQ)과 방법론의 기본 기능이 무엇인지 사전에 파악 가능하여, 용이하게 과제 해결의 효과를 높일 수 있는 개선 기회를 제공할 수 있다는 측면에서 실무적인 연구가치가 있다고 볼 수 있다.

아울러, 이러한 평가 방법을 통해 보다 바람직한 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론이 갖추어야 할 목표 상태와 조작성의 기본요소를 보다 체계화할 수 있다면, 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론의 적합성 평가와 향상이 가능하게 되고, 선정된 과제 해결 방법론의 구체적인 개선 필요사항을 제공할 수 있다는 측면에서 학문적 연구가치도 있다고 볼 수 있다.

## 2. 문헌조사

목표 상태 확인을 위하여, 생산시스템 개발자의 공통적인 핵심요구사항(CTQ)에 대하여 정진하, 박영원(2010)의 개념설계 평가를 위한 전 생애주기에서 시스템의 요구사항과, 박성현(2022)의 R&D 부문에서 Design Review 단계에서 검토해야 하는 주요점검 내용을 참고하였다.[7],[8]

이태경 외(2017)의 국제 시스템 엔지니어링 표준(ISO/IEC 15288) 중 기술 프로세스를 구조적 관점과 내용적 관점에서 분석하여 프로세스 명확화 및 산업별 표준 개발을 보다 용이하게 개선한 연구는 생산시스템 과제 해결 방법론의 개선 방향을 연구하는 데에 시사점을 제공하였다.[9]

전병우 외(2015)가 수행한, Smart MES 시스템 기본 설계를 위하여 다양한 이해관계자의 요구사항으로부터 기술적 요구사항으로 변환, 외부시스템 인터페이스, 논리적 솔루션 도출, 추적성 확인까지 시스템 엔지니어링 접근 방법과 더불어 IT시스템 구조의 개선 필요성에 대한 연구는 특정 과제의 경우 과제 해결 방법론 외에도 주어진 환경의 변화 및 검

토의 필요성을 시사해 주었다.[10]

배터리 생산시스템 개발자에게 차별적으로 요구되는 핵심요구사항(CTQ)에 대해서는 국제 표준인 자동차품질경영시스템, IATF(2016)의 요구사항을 살펴보았다.[11]

과제 해결 방법론의 적합성 평가 및 향상 방법과 관련하여, 교육과정의 대표적인 모형인 Tyler의 교육과정 개발 모형을 참고하였다.

Tyler는 교육과정과 수업계획을 개발하는 데 있어 “교육 목표의 설정, 학습 경험의 선정, 학습 경험의 조직, 평가”의 네 가지 문제를 다루는 순환과정을 개념화하였다.

정리하면, 교육과정과 수업계획이란 ‘교육 목표를 명확히 이해하고 교육 목표에 맞는 도구(경험)와 로드맵(경험 조직)이 짜임새 있게 설계되어 있는가?’로 평가하는 것이다.

더욱이 이러한 평가가 일회성이 아닌 순환성으로, 부족한 도구(경험)와 로드맵(경험 조직)이 무엇인지를 파악하여 지속적으로 성장과 발전을 할 수 있도록 해야 한다고 주장하고 있다.

결국 일반적인 과제 해결 방법론 관점에서 좋은 과제 해결 방법론이란, ‘다양한 이해관계자의 요구 목표 상태에 맞게 과제 해결 방법론의 수단과 로드맵이 짜임새 있게 구성되어 있는가?’로 평가할 수 있을 것이다. 스스로 평가가 가능하고, 평가정보를 스스로 활용하여 방법론의 깊이 있는 이해를 통해 자기 주도적인 학습(과제 해결 방법)을 이끌 수 있도록 돕는 평가 체계가 필요하다는 것을 알 수 있다.

생산시스템 개발자 관점에서 바람직한 과제 해결 방법론 평가에 대한 문헌 조사는 다양한 이해관계자의 요구사항의 적합도를 평가하는 방법론에 대한 연구로, PZB(Parasuraman, Zeithaml, and Berry) (1988)가 제안한 기대와 서비스 성과 간의 차이를 측정하는 “서비스 품질 Gap 평가”방법인 SERVQUAL 측정방식과, 제안한 기대를 측정하기 어려운 경우 단순히 서비스 성과를 측정하는 Cronin & Taylor가 개발한 SERVPERF 모형에 대한 문헌 연구를 실시하였다.

생산시스템 개발자 과제의 경우, 다양한 이해관계자의 목표 상태를 파악할 수 있다는 점을 고려할 때, SERVQUAL과 같은 평가 체계가 보다 합리적이라고 판단하였다.[12]

SERVQUAL 모형이 서비스 품질의 구성 요소를 5개 차원(신뢰성, 확신성, 유형성, 공감성, 대응성)으로 정리하여“기대와 성과 평가 체계”로 구성한 것과 같이, 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결방법론의 적합성 향상 및 평가 역시, 핵심요구특성(CTQ)의 선행 도출과 핵심요구특성에 대한 성과 창출의 조작자(방법론의 구성과 기능)의 정합성 향상과 평가로 과제 해결 방법론의 효율성 향상 및 적합성 평가가 가능하다는 점을 알 수 있었다.

### 3. 연구 방법론

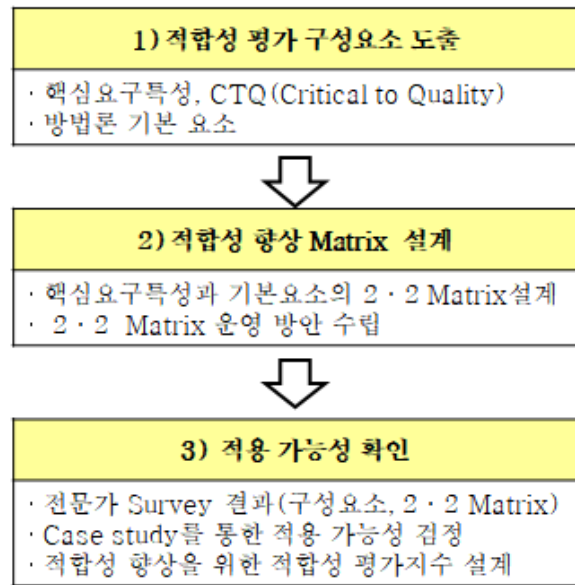
#### 3.1 연구 방법

본 연구에서는 배터리 생산시스템의 목표 상태 확인을 위한 관련 문헌 조사와 조작자(구조와 기능) 관점에서 과제 해결 방법론 관련 문헌 연구를 통하여, 목표 상태(CTQ)와 방법론의 기본요소에 대한 요구사항을 도출하고, 배터리 생산시스템 개발 Expert의 설문 조사를 통해 유효성을 확인하였다.

사례 적용을 통하여 목표 상태(CTQ)와 기본요소의 정합성을 높임으로써, ‘배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법’의 체계적인 효율성 향상과 유효한 적합성 평가 방법의 가능성을 확인하였다.

#### 3.2 연구 모형

안연식 외(2015)의 중소기업 기술경영 역량 수준의 성숙도 평가모형 개발에서 활용한“3단계 접근 연구방식”을 활용하여, 그림 1과 같이 생산 시스템 과제 해결 방법론 적합성 평가 및 향상 방법에 대한 3단계 연구모형을 설계하였다.[13]



[Figure 1] 3 Step Research Model

1단계로 정진하, 박영원(2010)의 개념설계 평가를 위한 품질지수 연구와 이운형(2012)의 웹사이트 디자인 요소의 평가 개념설계, 박성현(2002)의 R&D 부문에서의 6시그마 경영에 관한 고찰 연구에서 산업 유형과 배터리 생산시스템 개발자 과제의 특성을 반영한 개발자 과제 해결 방법론의 적합성을 평가할 수 있는 구성요소(핵심요구특성, 방법론의 기본요소)를 1차 조사하였다.[7],[14],[8]

국내 모 대기업의 생산시스템 개발자 L1~L4레벨(Beginner, Intermediate, Advanced, Expert) 중 생산시스템 구조 및 기능 설계 또는 분석이 가능한 가장 높은 등급인 L4(Expert) 전문가 35명 중 18명을 대상으로 진행한 설문 조사를 통해 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론의 구성요소(핵심요구특성과 기본요소)의 적합성을 확인하였다.

2단계로 Karsten(2018)의 산업시스템의“3·3 Matrix 프레임”설계 방식과 이정우 외(2013)의“스마트워크 적합성 평가 2·2 Matrix 프레임워크”를 참고하여 핵심요구특성(CTQ)과 기본 기능 간의 관계에 따라 적합성이 상호 영향을 미칠 수 있다는 점을 발견하였다.[3],[15]

이에 따라, 배터리 생산시스템의 핵심요구특성

(CTQ)과 방법론의 기본요소 간 적합성 향상을 위한 ‘2·2 Matrix’프레임을 설계하였다.

전문가 설문 조사를 통해 2·2 Matrix를 활용한 구성요소 간 관계의 적합성에 대한 유효성 가설검정을 실시하여, 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론의 향상(보완 및 강화 포인트 제시) 가능성을 확인하였다.

3단계에서는 종전 방법론 중에서 가장 많이 활용되고 있는 DMAIC 방법론을 가지고 배터리 생산시스템의 핵심요구특성과 방법론의 기본요소, 2·2 Matrix를 활용하여 생산시스템 개발자 과제에 적용해 봄으로써 과제 해결 방법의 효율성 향상 가능성을 확인하고, 이를 통해 보다 바람직한 방법의 선정과 향상 방법을 체계화할 수 있었다.

사례 적용을 통하여, DMAIC의 각 단계별 적합성 향상에 대한 정성적 분석과 배터리 생산시스템 개발 전문가 대상의 설문 조사를 통해 방법론 효율성 및 적합성 향상에 대한 유효성에 대해 가설 검정을 실시하였다.

마지막으로 개발자 과제의 요구특성과 과제 해결 방법론의 조작자(구조와 기능)의 깊이 있는 이해를 통해 자기 주도적인 성장과 발전을 이룰 수 있는 적합성 평가 방법을 수립하였다.

정진하 외(2010)의 개념설계 평가를 위한 품질지수 산출 방정식을 활용하여 “배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법 적합성 평가지수(CAI, Conformity Assessment Index)”방정식을 정리하여 스스로 정량적 평가와 지속적인 개선을 수행할 수 있도록 하였다.[7]

## 4. 연구 결과

### 4.1 적합성 평가 구성요소 도출

배터리 업의 특성에 따른 요구사항과 생산시스템 전체 생애주기 관점에서의 요구사항을 고려하여 생산시스템 개발자가 다양한 개발과제를 수행함에 있어 가장 바람직한 과제 해결 방법론을 개발하는 것

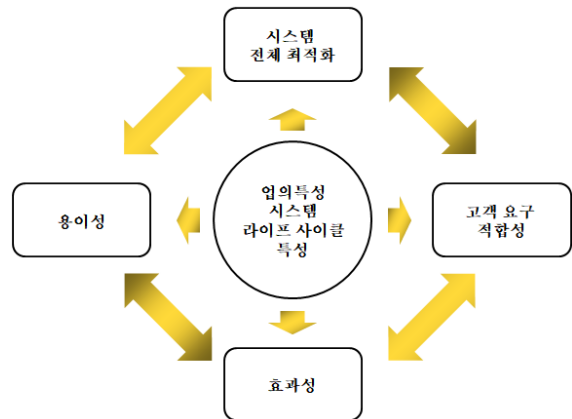
을 목표로 적합성 평가 구성요소(다양한 이해관계자의 핵심요구특성과 방법론의 기본요소)를 도출하도록 하였다.

#### 4.1.1. 핵심요구특성(CTQ)

배터리 생산시스템 엔지니어의 바람직한 과제관리 방법론의 중요한 핵심요구특성(CTQ, Critical To Quality)에 대한 1차 문헌 조사를 실시하였다.

정진하, 박영원(2010)의 개념설계 평가를 위한 품질지수에서 제품 라이프 사이클 단계에 따른 요구사항과 박성현(2002)의 R&D 부문에서의 6시그마 경영에 관한 고찰에서 DR 단계에서 검토해야 하는 주요점검 내용을 참고하여, 생산시스템 전 생애주기에서 그림 2와 같이 네 가지 핵심요구특성“전체 시스템 최적화, 고객 요구 적합성, 용이성, 효과성”을 도출하였다.[7],[8]

생산시스템 개발 전문가 35명을 대상으로 18명 설문 조사를 실시하여, 7점을 합격/불합격 판정 기준으로 설정하고 Likert 10점 척도를 통해 평가한 결과, 평균 8.35/10점으로“다소 높음”으로 판정함에 따라 핵심요구특성은 적합하다고 볼 수 있다.



[Figure 2] CTQ(Critical to Quality)

1 Sample T Test를 실시하여 통계적 유효성을 검정한 결과, 표 3과 같이 P-Value가 “0.000”으로 네 가지 핵심요구특성은 유효하다고 볼 수 있다.

1 Sample T Test

귀무가설  $H_0: \mu = 7$

대립가설  $H_1: \mu > 7$

T값 10.50, P 값 0.0000

<Table 4> Key requirements of IATF (2016)

통계량				
표본	갯수	평균	표본편차	표본오차
CTQ	72	8.63889	1.32480	0.15613
95% 하한		T	P	
8.37868		10.50	0.0000	

<Table 3> 1 Sample T Test Results of CTQs

구분	활동	특성
업의 개념	공통	고객 개발 프로세스 연계 개발
		개발 단계별 산출물 형상관리
		대표도구 활용& 표준산출물관리
		IATF 품질보증체계 준수
		국제표준시험 방식 및 절차 준수
		V Model 개발방식
생애 주기	개발	고객요구사항 추적관리
		표준 개발프로세스 준수(APQP)
		변경점 관리(에스칼레이션)
	개선	변경 승인 프로세스
		변경 시 영향도 분석
	유지	보전계획& 이력관리

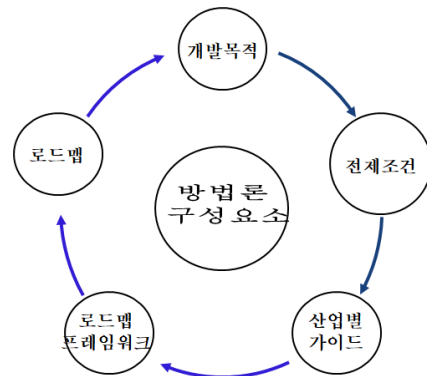
배터리의 주요 시장인 자동차 배터리 제조업의 특성에 따른 요구사항과 생산시스템 생애주기 관점에서 살펴본 핵심요구특성의 상세 하위 요구특성에 대하여, 자동차 국제 표준인“IATF(2016)의 품질경영시스템”에서 자동차 협력사에 요구하는 필수 요구사항을 생산시스템 개발, 개선, 유지/관리 생애주기 전반에 걸쳐 공통으로 요구하는 사항과 생애주기 단계별 요구사항을 표 4와 같이 간단히 살펴보았다.[11]

4.1.2 방법론의 기본요소

핵심요구사항(CTQ)에 대응하여 과제관리 방법

론의 구성을 이루는 기본요소를 다양한 방법론 자료를 통하여 분석하였다.

분석한 결과 가장 완성도가 높은 INCOSE (2015)의 Technical Process와 IPO Diagram을 참고하고, 삼성그룹 혁신전문가 양성 교재인 DMAIC Black Belt 교재의 로드맵 프레임워크와 15 Step 로드맵을 참고하여 기본요소를 그림 3과 같이 다섯 가지 기본적인 요소(로드맵, 개발 목적 정의, 산업별 가이드, 전제조건 정의, 로드맵 프레임워크)로 도출하였다.[16]



[Figure 3] Basic Components: Source) Optimization of DMAIC for Production System developer task

배터리 생산시스템 개발 전문가 35명 대상으로 18명 설문 조사를 실시하여, 7점을 합격/불합격 판정 기준으로 설정하고 Likert 10점 척도를 통해 평가한 결과, 평균 7.6/10점으로“다소 높음”으로 판정함에 따라 도출된 기본요소는 적합하다고 볼 수 있다.

1 Sample T Test를 실시하여 통계적 유효성을 검정한 결과, 표 5와 같이 P-Value가 “0.022”로 도출된 다섯 개 기본요소는 유효하다고 볼 수 있다.

1 Sample T Test

귀무가설  $H_0: \mu = 7$

대립가설  $H_1: \mu > 7$

T값 2.17 P 값 0.022

<Table 5> 1 Sample T Test Results of basic Components

통계량				
표본	갯수	평균	표본편차	표본오차
기본요소	18	7.80889	1.58181	0.37284
95% 하한		T	P	
7.16030		2.17	0.022	

구체적으로 살펴보면, 첫째, 로드맵은 배터리산업 생산시스템 개발자 과제의 경우 다양한 이해관계자의 요구가 복잡하고, 엄격한 품질관리를 요구하는 IATF16949 규정 준수를 요구하는 바에 따라, Phase 단계의 하위단계, 즉 Step 단계까지 세분화된 로드맵이 요구된다는 것을 알 수 있다.

생산시스템 개발자 과제 해결 방법론을 Step 단계까지 세분화 설계하여 프로세스의 재현성과 반복성을 높여서, 전체 프로세스에 대한 개념과 노하우를 지속적으로 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론 내에 내재화하여야 한다는 것을 알 수 있다.

둘째, 방법론 개발의 목적을 분명하게 정의하여야 한다는 것이다. 업의 개념과 생산시스템 요구특성을 반영한 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론으로 특화된 방법론이 필요하다고 판단하였다.

셋째, 전제조건 정의이다. 과제 해결 방법론 내에 표 4와 같은 배터리 생산시스템 요구특성을 제대로 반영한 필수요건(Enabler)을 정의할 필요가 있다는 것이다.

넷째, 산업별 가이드이다. 본 방법론을 적용할 때 산업별 요구특성에 맞게 보다 효과적이고 유기적으로 활용할 수 있도록 구체적인 가이드를 제공할 필요가 있다는 것이다.

다섯째, 로드맵 프레임워크이다. 배터리와 같은 첨단산업의 경우 다양한 이해관계자의 복잡한 요구사항과 시스템 복잡성을 고려할 때 완성도 높은 로드맵 프레임워크가 요구된다고 할 수 있다.

가장 대표적인 로드맵 프레임워크로 INCOSE(2015)에서 발표한“INCOSE 4.0 IPO 프레임워크”를 참고할 수 있다.[16] 이것은 Input, Activity, Output, Controls, Enablers 다섯 가지 요소로 구

성되어 있다.

바람직한 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론의 경우, INCOSE 로드맵 프레임워크를 보다 세분화된 Step 단계로 구체화하는 것이 필요하다는 것과 각 Step 단계의 활동(Activity)에 대한 대표적인 도구(Tools) 가이드가 필요하다는 점을 알 수 있다.

#### 4.2 적합성 향상 2·2 Matrix 설계

배터리 생산시스템 개발자 과제관리 방법론으로 요구되는 핵심요구특성(CTQ)과 과제 해결 방법론의 기본요소가 도출되었다면, 다음 과제는 핵심요구특성을 어떻게 과제 해결 방법론의 구조와 기능에 적절하게 대응할 것인가?, 최적화할 것인가?에 대한 해법을 찾는 것이다.

결과적으로 생산시스템 개발자 과제관리 방법론의 적합성을 향상하는 방법은 첫째, 핵심 요구특성에 대응하는 적절한 기본요소의 선정과 설계 완성도 향상으로 가능하다고 볼 수 있겠다.

##### 4.2.1 핵심요구특성과 기본요소의 상관 Matrix 설계

핵심요구특성에 방법론의 기본요소를 반영하는 방법으로, 이정우 외(2013)는 스마트워크 적합성 평가 프레임워크 개발 연구에서 Smart, Mobility 두 가지 특성 구분에 따라 맞춤형 대응이 필요하다고 주장하였다.[15]

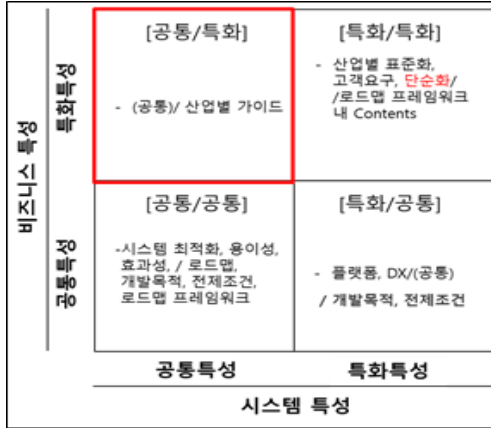
본 연구에서는 그림 4와 같은 산업 특성과 생산시스템 특성 유형 분류에 따라 핵심요구특성과 방법론 기본요소의 2·2 Matrix를 활용하여 핵심요구특성에 대한 기본요소를 적합화하도록 하였다.

각각의 핵심요구특성은 그림 4와 같이 산업 간 공통특성과 차별특성, 생산시스템 간 공통특성과 차별특성으로 구분할 수 있다.

이렇게 사분면으로 구분된 핵심요구특성에 대하여 생산시스템 개발자 과제관리 방법론의 기본요소를 적재적소에 적합하게 설계하도록 한다면, 다양한 이해관계자의 핵심요구특성을 보다 효과적으로 과



제 해결 방법론에 내재화할 수 있을 것으로 볼 수 있겠다.



<Figure 4> Characteristics Classification & Components Interrelationship source) Optimization of DMAIC for Production System developer task

핵심요구특성(산업 특성과 생산시스템 특성)에 따른 기본요소 차별화 반영 필요 여부를 생산시스템 개발 전문가 35명 대상으로 18명 설문 조사를 실시하여, 7점을 합격/불합격 판정 기준으로 설정하고 Likert 10점 척도를 통해 평가한 결과, 평균 7.9/10점으로 “다소 높음”으로 판정함에 따라 적합하다고 볼 수 있다.

1 Sample T Test를 실시하여 통계적 유효성을 검증한 결과, 표 6과 같이 P-Value가 “0.010”으로 도출된 2·2 Matrix는 유효하다고 볼 수 있다.

1 Sample T Test

귀무가설  $H_0: \mu = 7$

대립가설  $H_1: \mu > 7$

T값 2.58 P 값 0.010

<Table 6> 1 Sample T Test Results of 2·2 Matrix

통계량				
표본	갯수	평균	표본편차	표본오차
기본요소	18	7.9444	1.55193	0.36579
95% 하한		T	P	
7.30811		2.58	0.010	

#### 4.2.2 상관 Matrix 운영 방안 수립

그림 4의 제 1사분면과 같이 산업 간 차별화 특성이면서 생산시스템 간 차별화된 특성(산업별 표준화, 고객 요구 등)의 경우 기본요소 중 로드맵 프레임워크 내 적합하게 반영하도록 한다. 2사분면과 같이 공통된 생산시스템 특성이거나 산업 간 차별화 특성이 있는 경우는 기본요소 중 산업별 가이드로 적합성을 높이도록 한다. 3사분면과 같이 공통된 생산시스템 특성과 산업 간 공통특성의 경우 핵심요구 특성(전체 시스템 최적화, 용이성, 효과성)을 기본요소 중 로드맵, 개발목적, 전제조건, 로드맵 프레임워크에 담도록 한다. 마지막으로 4사분면과 같이 일반적인 산업 특성이나 생산시스템의 특성이 “플랫폼 기반 개발 또는 디지털 기술 도입”과 같은 차별화 특성이거나 산업 간 공통특성의 경우 기본요소 중 개발목적과 전제조건에 명확히 반영하도록 한다.

그림 4와 같은 ‘핵심요구특성과 기본요소의 관계 Matrix’는 산업의 특성과 생산시스템의 특성을 유형화하여 가장 적합한 기본요소에 반영토록 하는 도구로써 방법론의 효율성 향상이 보다 용이하도록 지원하는 도구이다.

#### 4.3 적용 가능성

국내 모 대기업의 생산시스템 개발자 과제에 대하여 생산시스템 개발자에게 가장 익숙한 과제 해결 방법론인 DMAIC 방법론을 가지고 해결할 때와 4개의 핵심요구특성과 과제 해결 방법론의 5개의 기본요소, 2·2 Matrix를 활용하여 배터리 생산시스템에 특화된 방법(가칭 7단계 접근법)으로 과제를 해결할 때 두 가지 방법의 효율성 차이에 대한 정성적 분석과 유효성 가설 검정을 실시하였다.

2차로, 과제 해결 방법론의 적합성 평가 및 향상 여부를 정량적으로 평가할 수 있는 적합성 평가지수(CAI, Conformity Assessment Index) 방정식을 수립하여 현 수준 및 개선 조치 결과 확인을 통해 지속적인 향상이 가능하도록 하였다.

4.3.1 Case Study를 통한 적용 가능성 확인

DMAIC 방법론의 가장 적합한 품질 Issue 과제에 대하여 살펴보았다.

원형 배터리 생산시스템에서 배터리 물성과 기능을 결정하는 Jolly Roll이 만들어지면, Jolly Roll을 Can에 담은 작업이 요구된다.

하루 수백만 개 생산되는 제조현장에서 일일이 수작업으로 Can에 Jolly Roll을 집어넣을 수 없는 관계로, 생산시스템 내 공급설비를 통해 Can 공급을 할 수밖에 없다.

문제는 이러한 Can 공급이 설비를 통해 이루어지는 관계로 다양한 유형의 불량 발생하게 된다는 것이다.

자동차 배터리의 제조경쟁력 강화 목적으로 'Can 공급의 Dentless(무결점) 생산시스템 구축'이 요구되는 과제에 대하여 DMAIC 방법론 적용 시 일어날 수 있는 문제점과 본 연구의 향상 방법(7단계 접근법)에 따른 적용 시 배터리 생산시스템 과제해결에 있어 DMAIC 문제점을 어떻게 보완할 수 있는지 DMAIC 단계별로 과제를 살펴보았다.

우선 Define 단계에서 본 과제는 DMAIC의 전형적인 과제인 불량 개선 과제이다. 따라서 불량 유형과 불량 유형별 현 수준 파악은 문제가 없다.

예를 들어 '22.07~12월까지 #번 라인의 초도 양산 시 설비 NG 발생 현황을 분석해 보면, Can 찍힘 불량, 측면/하부 외관 NG, Dent 불량 순서로 발생하는 것을 알 수 있다.

문제는 Measure 단계에서는 Define 단계에서 확인된 다양한 유형의 불량에 대하여 정성적 원인분석을 하는 단계로 DMAIC에서는 일반적으로 프로세스 맵과 특성 요인도를 활용하여 프로세스 기반의 불량을 발생시키는 다양한 원인을 도출하는 활동을 요구한다는 것이다.

반면 본 과제는 배터리 조립과정 내 Can 투입공정에 있는 공급설비의 동작과 기능이 이루어지는 작업으로 프로세스보다는 생산시스템 설비의 구조와 기능(동작)적인 원인으로 일어나는 불량이 대부분

이다.

따라서 프로세스 중심의 원인분석을 통해서는 제대로 된 공급설비의 구조와 기능 원인을 파악하기가 어렵다.

이에 비하여 배터리 생산시스템 핵심요구특성 관점 중“전체 시스템 최적화” 관점에서“Dent 공급설비의 구조와 기능”관점으로 원인을 도출하여, Dent 공급설비의 주요 불량에 대한 원인을 보다 효과적이고 용이하게 찾을 수 있었다.

본 과제에서는 설비의 구조와 기능(동작) 분석을 시도해 보았다.

공급시스템의 구조는 ① J/R ATC , ② BI Insert, ③ Can 공급, ④ Can Insert, ⑤ (-)Tab W/D, ⑥TI Insert, ⑦ Beading, ⑧ Short Check(X-Ray), ⑨ 전해액, ⑩ (-)Tab W/D, ⑪ Crimping, Pressing, ⑫ 조립 후공정으로 이루어져 있다.

프로세스 관점으로 원인분석을 시도할 경우, Can 찍힘 불량은 대부분 개구부에 발생하고 이러한 현상은 Can Insert 전 Vision으로 검출된다. CAN Dent의 경우는 후공정(⑪ Crimping, Pressing) Vision에서 검출된다. Scratch 찍힘/긁힘은 외관검사기 Vision에서 검출되는 현상을 파악하는 것은 가능하지만, 그 원인에 대해서는 파악하기가 어렵다.

이에 반하여, 전체 시스템 최적화 관점에서 CAN 공급설비의 구조와 기능 분석을 시도한 결과, CAN 공급부의 기능은 Jolly Roll을 Can에 삽입할 수 있도록 Can 자재를 투입하는 공정으로, 표 7과 같이 7개의 단위 공정으로 파악되었고, Can의 마찰이 발생하는 구조로 이루어져 있다는 것을 알 수 있었다.

<Table 7> Can Supplying System Analysis

단위공정	기능	문제(원인)
Hopper	Can 적재	마찰, 고밀도
E/V Conveyor	Can 이송	마찰, 고밀도, 낙하
Bowl Feeder	Can정렬공급	마찰, 고밀도, 낙하
Conveyor	Can 이송	-
Go/No Gauge	불량 선별	끼임
Belt Conveyor	CAN 이송	-
Wave Chult	CAN 공급	-

표 8과 같이 구조와 기능 분석을 통해, 7가지 주요 원인과 주요 원인의 개선 우선순위를 보다 효과적으로 정리할 수 있었다.

<Table 8> The Improvement Priority of Causes

주요 원인 개선 우선순위
① 수동공급(쏟아부음)
② 작은 공급부
③ 고밀도 구조
④ 동시 공급 수량/공급
⑤ 공급박스 Can간 간지 없음
⑥ Can 마찰 Bulk Type 공급
⑦ 아래_위 공급구조(E/V)

DMAIC의 경우, Analyze 단계에서 주요 원인에 대한 프로세스에서 발생하는 관련 Data 수집을 통하여 통계적 검정을 요구한다.

본 과제의 경우, 대부분의 생산시스템 개발자 과제와 같이, 7개의 주요 원인에 대한 관련 Data가 없다. 따라서 DMAIC 방법으로는 더 이상 진도를 나갈 수 없다.

물론 DFSS(Design for Sixsigma) 방법으로 전환하여 진행할 수도 있지만, 대표적인 방법론인 DMADOV의 경우 Concept Design을 요구하고, 고객의 요구 기능을 전체 시스템에 기능 전개(Drill Down)를 통해 구현하도록 다양한 아이디어를 창출하도록 권장하지만, 구체적인 가이드가 미흡하다.

이에 대하여 본 과제에서는 구조분석, 기능분석에 이어 설비 간 고장분석을 파트너사 설비와 비교하여 수행하였다.

A 파트너사에서 Bulk Type Can을 투입한 후 Dent Vision의 불량 수준을 확인하여, #번 라인의 Dent Vision 불량 수준과 비교하고 파트너사와 생산시스템 #번 라인의 구조와 기능 차이에 따른 불량률 유의수준을 비교하여, 보다 효과적이고 용이하게 유의성을 확인할 수 있었다.

Improve 단계에서는, 본 과제의 경우 Can 공급 시스템의 구조와 기능 개선을 요구하는 과제이고, 더욱이 불량(고장)분석을 통해 일어날 수 있는 고장에 대하여 원인을 찾고, 원인 발생을 감소시킬 수

있는 예방과 검출대책을 수립하여 생산시스템 구조와 기능을 개선할 필요를 제기하는 과제이다.

DMAIC 방법론은 Improve 단계에서 일반적인 아이디어 창출과 제어인자에 대한 최적화 시도를 권장하고 있으나, 정작 생산시스템 개선에 대한 구체적인 가이드는 없다.

이에 대하여, 4개의 핵심요구특성과 과제 해결 방법론의 5개의 기본요소, 2·2 Matrix를 활용하여, 배터리 생산시스템에 특화된 방법을 활용하여 설계 단계부터 미리 고장 발생의 원인을 생산시스템 재설계에 반영하고, 개선 결과의 유효성을 검증할 수 있도록 검정 항목과 평가 방법을 미리 결정하여 도출된 개선안으로 고장을 줄이고 원인을 근치할 수 있는지 확인하는 활동을 체계화할 수 있었다.

Control 단계에서는 DMAIC의 경우 표준화, 실수 방지, 관리계획 수립으로 이루어지는 반면, 본 과제는 앞서 Improve 단계에서 CAN 공급을 ‘무결점 자동화 공급설비’로 개발한 결과 표준화와 실수 방지 자체를 불필요하게 만들었고, 90%의 개선 효과를 창출할 수 있었다.

마지막으로, 위험분석/관리를 위해 FMEA(Failure Mode Effect Analysis)를 실시하여 제작 후 일어날 수 있는 운영상의 문제점을 도출하고, ‘양산 Process FMEA’를 진행하여 사전 고장(실패)에 대한 예방관리계획을 수립하도록 하였다.

예를 들어, BOX 비닐 제거 시 칼 사용에 따른 손베임 사고 우려는 비닐 포장 시 BOX 외부 포장/적용, 안전 칼 사용, SOP 작성/교육/숙지 Test 등의 개선 아이디어를 도출하여 관리계획에 반영하도록 하였다.

본 ‘무결점 CAN 공급 자동화 설비’ 개발과제의 경우, DMAIC 방법론으로 개발자 과제 해결 추진 시 Define 단계를 제외하고 각 단계별 생산시스템의 특성과 산업별 요구특성을 반영하여 효과적으로 과제를 해결하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있다.

이에 비해, 배터리 생산시스템 최적화 관점에서 다양한 고객의 요구사항을 도출하여 보다 특화된 과제 해결 방법으로 접근한다면 효과적이고 효율적으

로 대응할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

중전 DMAIC 방법론과 배터리 생산시스템 개발자 과제의 핵심요구특성과 기본요소, 2·2 Matrix를 활용하여 차별화 반영한 배터리 생산시스템의 특화 방법론(7단계 접근법) 적용에 대하여 생산 시스템 개발 전문가 35명 대상으로 18명 설문조사 결과를 2 Sample T Test를 실시하여 통계적인 유효성 검증결과, 표 9와 같이 P-Value가 “0.000”으로 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론은 배터리 생산시스템 개발자 과제의 핵심요구특성과 기본요소, 2·2 Matrix를 활용하여 보다 효과적으로 향상 가능하다고 볼 수 있다.

2 Sample T Test

귀무가설 Ho:  $\mu(\text{DMAIC}) = \mu(\text{7Step})$   
 대립가설 H1:  $\mu(\text{DMAIC}) < \mu(\text{7Step})$   
 T값 4.05 P 값 0.000

<Table 9> 2 Sample T Test Results of Conformity

통계량				
Sample	n	Mean	Std.	Std. Error
7 Step	16	8.44	1.31	0.33
DMAIC	15	5.80	2.18	0.56
2 Sample T Test				
차분	DF	T값	P값	95%하한
2.6375	22	4.05	0.000	1.51903

4.3.2 적합성 향상을 위한 적합성 평가지수 설계, 활용

정진하 외(2010)의 개념설계 평가를 위한 제품 품질지수에 기초하여 핵심요구특성과 방법론 기본요소를 얼마나 적합하게 반영하였는지에 따른 “적합성 평가지수” 방정식을 구상하였다. [7]

$$\text{적합성평가지수 (CAI)} = \frac{\sum A_i F_i}{B_k (10 * n - \sum m)} * \frac{P_1}{P_0}$$

CAI: Conformity Assessment Index

Ai: 핵심요구특성의 중요도

Bk: 기본요소 중요도

Fi: 핵심요구특성 최대 적합도

n : 핵심요구특성의 개수

m: 핵심요구특성에 방법론 적합도

P0: 산업 유형별 방법론의 요구(목표) 성능

P1: 제시된 방법론의 현재(구현) 성능

일반적으로 A, B는 동일한 값으로, 기본적으로 “1”로 두고, P1/P0는 과제 해결 방법론의 요구 성능 대비 종합적인 현재(구현) 성능으로 기본적인 평가가 없는 경우, 기본적으로 “1” 값을 부여한다.

상기 적합도 평가지수 방정식(CAI)을 통해 다양한 과제관리 방법론 중에서 가장 바람직한 방법론을 선정 또는 적합성 향상에 따른 효과를 정량적으로 판단할 수 있다.

핵심요구특성, 기본요소, 핵심요구특성과 기본요소의 정합성 여부를 확인하여, 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론의 조작성(구성과 기능) 및 운영이 지속적으로 개선되도록 하고, 개선 결과를 수치로 평가하므로 실무적으로 활용성이 높다고 판단된다.

DMAIC 방법론과 본 연구의 결과인 특화 방법론, “7단계 접근법”의 배터리 생산시스템 개발자 과제 해결 방법론에 대한 적합성을 생산시스템 개발 전문가 18명 설문조사 결과를 적합성 평가지수에 대입하여 평가해보면 표 10과 같이 간단하게 성능 차이를 비교해 볼 수 있다.

<Table 10> Compare CAI between two methods

평가항목	DMAIC	7 단계
CAI	2.11	5.00
Ai	1	1
Bk	1	1
Fi (10*n)	40	40
n	4	4
m	21	32
P0	1	1
P1	1	1

네 개의 핵심요구특성에 대한 Likert 10점 척도 평가 결과, DMAIC의 경우 도표 11와 같이 중위수 (Median)값이 6점, 5점, 5점, 5점이고, 7 단계 접근법의 경우 8점, 8점, 8점, 8점으로 적합도 점수가 21점, 32점으로 계산되었다.

따라서 최종 적합성 평가지수는 2.11, 5.00 으로 간단히 적합성 평가와 효율성 향상 여부 판단이 가능해졌다.

<Table 11> Compare “m” between two methods

핵심요구특성	DMAIC	7 단계
전체 시스템 최적화	6	8
고객요구 적합성	5	8
용이성	5	8
효과성	5	8
합계	21	32

### 5. 결론

‘19년~22년 4년간 국내 모 대기업 생산시스템 개발 Expert 과제 35건 실적 분석한 결과 Design Thinking와 같은 창의적인 방법론을 적용한 과제는 한 건도 없고, DMAIC 방법론 적용 과제의 경우도 Analyze단계에서 프로세스가 없거나 데이터 수집이 불가능하여 Data 분석을 기초한 원인을 도출하고 개선 과제를 도출한 과제는 한 건도 없었다.

다만 DMAIC 방법론의 경우도 데이터 기반 통계적 접근 방식이 아닌 배터리 산업과 생산시스템의 핵심요구특성 파악, 과제해결방법론의 기본요소, 핵심요구특성에 대한 기본요소 적절한 맵핑 설계를 통하여 DMAIC를 배터리 생산시스템 개발자 과제에 맞도록 방법론을 개선하여 운영할 경우 보다 효율적이고 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 본 연구는 몇 가지 학문적, 실무적 가치를 가진다고 볼 수 있다.

학문적 관점에서 첫째 배터리 생산시스템 개발자 과제에 대한 과제해결방법론의 적합성에 영향을 주는 요소를 네 개의 핵심요구특성과 방법론의 다섯 개의 기본요소로 구체화하였다.

둘째 핵심요구특성을 산업간 공통특성과 차별화 특성, 생산시스템의 공통특성과 차별화 특성으로 유형화(2·2 Matrix)하여 맞춤형으로 대응하도록 하여 과제해결방법론의 적합성 향상이 가능한 기초적인 원리를 제공하였다.

셋째 제품 품질지수를 활용하여 배터리 생산시스템 개발자 과제해결방법론의 적합성 평가지수 (CAI)를 수립하여, 과제해결방법론의 정량적인 적합성 평가와 지속적인 향상이 가능하도록 하였다.

본 연구는 연구 산업(배터리 제조업)의 실무적 관점에서 세 가지 가치를 가진다고 판단된다. 첫째, 네 개의 핵심요구특성과 다섯 개의 기본요소를 바탕으로 방법론을 보다 적합하게 효율적으로 향상 가능하게 해준다.

아울러 특정 방법론을 선택할 경우 부적합 부분이 무엇인지 사전에 파악 가능하게 함으로써 보다 효과적으로 생산시스템 개발자 과제 해결을 할 수 있도록 해준다.

둘째 핵심요구특성을 산업 간 공통특성과 차별화 특성, 생산시스템 간 공통특성과 차별화 특성으로 유형 구분하여, 기본요소를 보다 맞춤형으로 대응하도록 하여 생산시스템 개발자가 속한 산업과 생산시스템의 특성이 고려된 과제해결방법론의 구성과 기능 설계, 활용이 가능하도록 해준다.

마지막으로 실무적 관점에서 본 연구 결과인 생산시스템 개발자 과제관리 방법론의 적합성 평가 지수를 기초하여 핵심요구특성의 하위요소 선정과 중요도의 변경, 핵심요구특성에 대한 기본요소의 적합성을 각 산업별, 생산시스템의 시대적 변화에 맞춰 용이하게 재산출할 수 있도록 하여, 산업별 생산시스템 과제관리 방법론의 지속적인 적합성 평가 및 향상이 보다 용이하게 하도록 하였다.

결과적으로 본 배터리 생산시스템 개발자 과제해결방법론의 적합성 향상과 평가 방법을 활용하여 더욱 바람직한 배터리 생산시스템 개발자 과제관리 방법론 개발과 개선이 지속적으로 이루어질 것으로 기대된다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째 표본의 개

수가 작다는 것이다. 보다 다양한 사례 연구와 지속적인 설문조사를 통하여 다양한 사례와 데이터 수집 확대로 과제해결방법론 효율성 향상과 적합성 평가 방법의 신뢰성을 높일 필요가 있다.

아울러 배터리 생산시스템 외 타 산업의 생산시스템 개발자 과제에 대해서도 본 연구의 “과제해결 방법론의 적합성 향상과 평가 방법”이 보다 일반적으로 적용 가능한지도 연구해 볼 가치가 있다.

마지막으로 네 개의 핵심요구특성과 과제해결방법론의 다섯 개 기본요소를 바탕으로 2·2 Matrix를 활용한 구체적인 “배터리 생산시스템 과제해결방법론(7단계 접근법)”연구가 필요하다고 판단된다.

## References

1. 삼성KPMG 경제연구원, 배터리 생태계 경쟁 역학 구도로 보는 미래 배터리 산업, Samjong INSIGHT, Vol. 84, 2023
2. 현대자동차, HMG 전기차 배터리 개발 시리즈 1nd, HMG 저널, 2023
3. Karsten Schweichhart, Reference Architectural Model Industrie 4.0nd(RAMI 4.0), Platform Industrie 4.0, 2018
4. 김종만, 정욱, 서준혁, 배성민, 품질경영학회 50주년 기념 품질혁신 분야 연구 리뷰, 품질경영학회지, Vol.44, No.1, p17~28, 2016
5. 권혁무, 홍성훈, 이미구, 4차 산업혁명 하에서의 6시그마 DMAIC 단계별 변화에 대한 전망, 품질경영학회지, Vol.46, No.1, p1~10, 2018
6. Newell, A., Simon, H. A., Human problem solving, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1972
7. 정진하, 박영원, 개념 설계 평가를 위한 품질지수, 한국공작기계학회지, Vol. 19, No. 4. p521~528, 2010
8. 박성현, R&D 부문에서의 6시그마 경영에 관한 고찰, 경영정보논집, Vol. 12, No. 2, 2002
9. 이태경, 이중윤, 시스템 엔지니어링 공통 프로세스 개선 연구: 기술 프로세스를 중심으로, 시스템엔지니어링학술지, Vo1. 13, No. 1, p41~50, 2017
10. 전병우, 신기영, 홍대근, 서석환, 스마트 제조 실행 시스템 기본설계를 위한 시스템 엔지니어링 적용 방법에 대한 연구, 시스템엔지니어링학술지, Vo1. 11, No. 2, p95~105, 2015
11. IATF, IATF16949:2016, IATF Publication, 2016
12. A. Parasuraman, V. A. Zeithaml, and Leonard Berry, “SERVQUAL: A Multiple-Item Scale for Measuring Consumer Perceptions of Service Quality,” Journal of Retailing, Vol.64, p12~40, 1988
13. 안연식, 김화영, 국내 기업의 기술경영 역량 수준의 성숙도 평가 모형 개발, Journal of Information Technology Applications & Management, Vol. 22, No. 4, p78~94, 2015
14. 이운형, 웹사이트 디자인 요소의 평가 개념 설계, 한국디자인트렌드학회, Vol. 37, p435~444, 2012
15. 이정우, 이해정, 이세윤, 스마트워크 적합성 평가 프레임워크 개발에 관한 연구, 정보화정책 Vol.20 No. 2, p60~72, 2013
16. INCOSE, Systems Engineering Handbook 4rd, 2015
17. 김성준, 제품디자인 적용을 위한 리버스 엔지니어링(Reverse Engineering) 방법론 연구, 한국일러스트아트학회, Vol. 18, No. 3, 2015
18. 이중윤, 프로젝트 관리(PM)와 시스템 엔지니어링 관리(SE)의 범위 및 관계, 시스템엔지니어링 학술지, Vo1. 10, No. 2, p1~13, 2014
19. 삼성6시그마 아카데미, 삼성 6시그마 DMAIC BlackBelt 교재, Rev. 1.0, 2002
20. 이유철, 배혜림, 자동차 산업 분야의 효과적인 제조협업 구현을 위한 디지털 엔지니어링 적용 방법론에 대한 연구, IE Interfaces Vol. 25,

- No. 1, p7-95, 2012
21. 이정우, 이해정, 이세윤, 스마트워크 적합성 평가 프레임워크 개발에 관한 연구, 정보화정책 Vol. 20, No. 2, p60~72, 2013
  22. 이재현, 서효원, 개념적 설계 지식과 프로세스 통합 모델, 한국정밀공학회, 춘계학술대회논문집, p789~790, 2007
  23. 이희각, 윤형렬, 동시공학원리를 이용한 시스템의 개념설계, 대한기계학회, 추계학술대회논문집, Vol. 2, No. 1, p1052~1057, 1996
  24. 윤태홍, 김창렬, 변재현, 문제해결을 위한 QC 도구의 체계적 활용방안에 대한 연구, 품질경영학회지, Vol. 37, No. 2, p68~77, 2009
  25. 정기성, 강동현, 기업의 DFSS 적용사례에 관한 연구, 한국인터넷비즈니스학회, Vol. 7, No. 1, p143~163, 2006
  26. 정상철, The Analysis of JetBlue Airways' Strategy through TRIZ Techniques as Management Case Study, 한국경영교육학회, Vol. 28, No. 5, 2013.
  27. 최성우, KPS(한국형제조혁신방법론)의 타당성 검증 및 적용사례, 한국생산관리, Vol. 30, No. 1, p67~85, 2019.
  28. AIAG&VDA, AIAG&VDA FMEA ver1.00 Manual, 2019.
  29. Hee-Kweon Yoon, A Study of Platform Strategies in Aircraft Industry, A Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, 2012.
  30. Shokoofeh Hesari, Hoda Mashayekhi, Raman Ramsin, Towards a General Framework for Evaluating Software Development, IEEE 34th Annual Computer Software and Applications Conference, DOI: 10.1109/COMPSAC.2010.69, p208~217, 2010.